This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at http://books.google.com/

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.
+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.
+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.
+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

LSoc 1726.9

BOUGHT WITH
THE BEQUEST OF
HORACE APPLETON HAVEN,
Of Portsmouth, N. H.
(Class of 1842.)

Rec'd 19 March, 1884.

BERICHTE

ÜBER DIE

VERHANDLUNGEN

DER KÖNIGLICH SÄCHSISCHEN

GESELLSCHAFT DER WISSENSCHAFTEN

ZU LEIPZIG.

MATHEMATISCH-PHYSISCHE CLASSE.

SECHSUNDZWANZIGSTER BAND.

1874.

MIT 18 TAFELN UND 52 HOLZSCHNITTEN.

LEIPZIG

BEI S. HIRZEL.

~~48.23~~
LSoc 1726.9

MAR 19 1884

Harvard[illegible]

INHALT.

Seite

A. Röhrig, Ueber die Zusammensetzung und das Schicksal der in das Blut eingetretenen Nährfette. Aus dem physiol. Institute zu Leipzig. Vorgelegt von dem wirkl. Mitgliede C. Ludwig 1

F. Zöllner, Ueber ein einfaches Ocularspectroskop für Sterne. Mit 1 Holzschnitt 24

H. Kolbe, Ueber eine neue Darstellungsmethode und einige bemerkenswerthe Eigenschaften der Salicylsäure 26

E. Fleischl, Von der Lymphe und den Lymphgefässen der Leber. Aus dem physiol. Institute zu Leipzig. Vorgelegt von dem wirkl. Mitgliede C. Ludwig. Mit 1 Tafel in Steindruck. 42

Fr. Fuchs, Versuch zur Bestimmung der Gesammtspannung und des Verlaufes der Spannung am freien Ende der abgeleiteten secundären Rolle. Vorgelegt von dem wirkl. Mitgliede G. Wiedemann 56

R. Börnstein, Ueber das Verhältniss des temporären Magnetismus zur magnetisirenden Kraft und seine Beziehungen zur Wechselwirkung der Metalltheilchen. Vorgelegt von dem wirkl. Mitgliede G. Wiedemann. 93

Eilhard Wiedemann, Ueber die Leitungsfähigkeit der Haloidverbindungen des Bleies. Vorgelegt von dem wirkl. Mitgliede G. Wiedemann 112

F. Zöllner, Ueber einen electrodynamischen Versuch. 114

S. Tschiriew, Die Unterschiede der Blut- und Lymphgase des erstickten Thieres. Aus dem physiol. Institute zu Leipzig. Vorgelegt von dem wirkl. Mitgliede C. Ludwig 120

Carl Neumann, Ueber die Helmholtz'sche Constante k. Mit 1 Holzschnitt 132

Seite

L. Lesser, Ueber die Anpassung der Gefässe an grosse Blutmengen. Aus dem physiol. Institute zu Leipzig. Vorgelegt von dem wirkl. Mitgliede C. Ludwig. Mit 2 Holzschnitten 153

M. J. Rossbach, Ueber die Umwandlung der periodisch aussetzenden Schlagfolge des isolirten Froschherzens in die rhythmische. Aus dem physiol. Institute zu Leipzig. Vorgelegt von dem wirkl. Mitgliede C. Ludwig 193

A. W. Volkmann, Untersuchungen über das Mengenverhältniss des Wassers und der Grundstoffe des menschlichen Körpers . 202

Woroschiloff, Der Verlauf der motorischen und sensiblen Bahnen durch das Lendenmark des Kaninchen. Aus dem physiol. Institute zu Leipzig. Mitgetheilt von dem wirkl. Mitgliede C. Ludwig. (Mit 11 Holzschnitten und Taf. I—XVII.). . . . 248

A. Mosso, Von einigen neuen Eigenschaften der Gefässwand. Aus dem physiol. Institute zu Leipzig. Vorgelegt von dem wirkl. Mitgliede C. Ludwig. Mit 22 Holzschnitten. 305

William Stirling, Ueber die Summation elektrischer Hautreize. Aus dem physiol. Institute zu Leipzig. Vorgelegt von dem wirkl. Mitgliede C. Ludwig. Mit 15 Holzschnitten. 372

S. Tschiriew, Der tägliche Umsatz der verfütterten und der transfundirten Eiweissstoffe. Aus dem physiologischen Institute zu Leipzig. Vorgelegt von dem wirkl. Mitgliede C. Ludwig. 441

Ph. Owsjannikow, Ueber einen Unterschied in den reflectorischen Leistungen des verlängerten und des Rückenmarkes der Kaninchen. Aus dem physiol. Institute zu Leipig. Vorgelegt von dem wirkl. Mitgliede C. Ludwig. 457

W. Hankel, Ueber die thermoelektrischen Eigenschaften des Kalkspathes, des Berylles, des Idocrases (Vesuvianes) und des Apophyllites 465

Protector der Königlich Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften

SEINE MAJESTÄT DER KÖNIG.

Ehrenmitglieder.

Seine Excellenz der Minister des Königlichen Hauses, Freiherr *Johann Paul von Falkenstein*.

Seine Excellenz der Staatsminister des Cultus und öffentlichen Unterrichts, Herr *Carl Friedrich von Gerber*.

Ordentliche einheimische Mitglieder der philologisch-historischen Classe.

Herr Geheimer Hofrath *Heinrich Leberecht Fleischer* in Leipzig, Secretär der philol.-histor. Classe.
- ——— ——— *Hermann Brockhaus* in Leipzig, stellvertretender Secretär der philol.-histor. Classe.
- ——— ——— *Eduard Albrecht* in Leipzig.
- Professor *Georg Curtius* in Leipzig.
- ——— *Adolf Ebert* in Leipzig.
- ——— *Alfred Fleckeisen* in Dresden.
- Domherr und Geheimer Hofrath *Gustav Hänel* in Leipzig.
- Professor *Gustav Hartenstein* in Jena.
- ——— und Universitäts-Oberbibliothekar *Christoph Ludolf Ehrenfried Krehl* in Leipzig.

Herr Professor *Ludwig Lange* in Leipzig.
- Hofrath *Karl Nipperdey* in Jena.
- Professor *Johannes Adolph Overbeck* in Leipzig.
- Geheimer Hofrath *Oscar Ferdinand Peschel* in Leipzig.
- Geheimer Regierungsrath *Friedrich Ritschl* in Leipzig.
- Geheimer Rath *Wilhelm Roscher* in Leipzig.
- Kirchenrath *Eberhard Schrader* in Jena.
- Professor *Georg Voigt* in Leipzig.
- —— *Moritz Voigt* in Leipzig.

Se. Exc. Herr Geheimer Rath *Karl Georg von Wächter* in Leipzig.
Herr Professor *Friedrich Zarncke* in Leipzig.

Ordentliche auswärtige Mitglieder der philologisch-historischen Classe.

Herr Professor *Conrad Bursian* in München.
- —— *Johann Gustav Droysen* in Berlin.
- —— *Hermann Alfred von Gutschmid* in Königsberg.
- Geheimer Justiz- und Oberappellationsgerichtsrath *Andreas Ludwig Jacob Michelsen* in Schleswig.
- Professor *Theodor Mommsen* in Berlin.
- Hofrath *Hermann Sauppe* in Göttingen.
- Professor *Gustav Seyffarth* in New-York.
- —— *Karl Bernhard Stark* in Heidelberg.

Ordentliche einheimische Mitglieder der mathematisch-physischen Classe.

Herr Geheimer Hofrath *Wilhelm Gottlieb Hankel* in Leipzig, Secretär der mathem.-phys. Classe.
- Professor *Wilhelm Scheibner* in Leipzig, stellvertretender Secretär der mathem.-phys. Classe.
- —— *Carl Bruhns* in Leipzig.
- Geheimer Hofrath *Moritz Wilhelm Drobisch* in Leipzig.
- Professor *Gustav Theodor Fechner* in Leipzig.

Herr Professor *Johann August Ludwig Wilhelm Knop* in Leipzig.
- Geheimer Hofrath *Hermann Kolbe* in Leipzig.
- Professor *Rudolph Leuckart* in Leipzig.
- Geheimer Hofrath *Carl Friedrich Wilhelm Ludwig* in Leipzig.
- Professor *Carl Neumann* in Leipzig.
- Oberbergrath *Ferdinand Reich* in Freiberg.
- Bergrath *Theodor Scheerer* in Freiberg.
- Hofrath *August Schenk* in Leipzig.
- Geheimer Hofrath *Oskar Schlömilch* in Dresden.
- Geheimer Medicinalrath *Ernst Heinrich Weber* in Leipzig.
- Hofrath *Gustav Wiedemann* in Leipzig.
- Professor *Ferdinand Zirkel* in Leipzig.
- —— *Johann Carl Friedrich Zöllner* in Leipzig.

Ordentliche auswärtige Mitglieder der mathematisch-physischen Classe.

Herr Professor *Heinrich d'Arrest* in Kopenhagen.
- —— *Heinrich Richard Baltzer* in Giessen.
- Hofrath *Otto Funke* in Freiburg.
- Geheimer Hofrath *Carl Gegenbauer* in Heidelberg.
- Professor *Wilhelm Hofmeister* in Tübingen.
- Hofrath *Mathias Jacob Schleiden* in Frankfurt a/M.
- Professor *Samuel Friedrich Nathanael Stein* in Prag.
- —— *Alfred Wilhelm Volkmann* in Halle.
- Geheimer Hofrath *Wilhelm Weber* in Göttingen.

Verzeichniss

der bei der Königl. Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften im Jahre 1874 eingegangenen Schriften.

Von gelehrten Gesellschaften, Universitäten und öffentlichen Behörden herausgegebene und periodische Schriften.

Abhandlungen der Königl. Akademie der Wissenschaften zu Berlin. Aus d. J. 1873. Berlin 1874.

Inhaltsverzeichniss der Abhandlungen der Königl. Akademie der Wissenschaften zu Berlin, aus den Jahren 1822 bis 1872. Nach den Klassen geordnet. Berlin 1873. (2 Expl.)

Monatsbericht der K. Preuss. Akad. der Wiss. zu Berlin. 1873. Nov. Dec. Berlin 1873. — 1874. Januar — August. (Das Juni-Heft doppelt.) Berlin 1874.

Verzeichniss der Bibliothek der Königl. Akademie der Wissenschaften in Berlin. Berlin 1874.

Denkschriften der Kaiserl. Akad. d. Wiss. Philos.-histor. Cl. Bd. 22. Wien 1873.

Sitzungsberichte d. Kaiserl. Akad. d. Wiss. Philos.-histor. Cl. Bd. 74. 1—3. Heft. Wien 1873.

Sitzungsberichte der Kaiserl. Akad. d. Wiss. Mathem.-naturwiss. Cl. Abth. I. Bd. 68. 1. u. 2. Heft. — Abth. II. Bd. 67. 4. u. 5. Heft. Bd. 68. 1. u. 2. Heft. — Abth. III. Bd. 67. 1—5. Heft Wien 1873.

Anzeiger der Kaiserl. Akademie der Wissenschaften in Wien. Mathem.-naturwissensch. Cl. Jahrg. X. 1873. No. 25—30. — Jahrg. XI. 1874. No. 1—11. 13. 15. 17. 18. 20—29. Wien 1873. 1874.

Almanach d. Kaiserl. Akad. d. Wiss. 1872. Jahrg. XXII. 1873. Jahrg. XXIII. Wien 1872. 1873.

Archiv für österreichische Geschichte. 50. Bd. 1. 2. Hälfte. Wien 1873.

Abhandlungen der k. k. geologischen Reichsanstalt. Bd. V. Heft 6. Bd. VI. Wien 1873.

Ueber die palaeozoischen Gebilde Podoliens u. deren Versteinerungen, von Alois v Alth. 1. Abth. Herausgeg. v. d. k. k. geolog. Reichsanstalt. Abhandlungen. Bd. VII. Heft 1. Wien 1874.

Ueber die triadischen Pelecypoden-Gattungen Daonella u. Halobia. Von Edm. M. v. Mojsvár. Herausgeg. v. d. k. k. geolog. Reichsanstalt. Abhandlungen. Bd. VII. Heft 2. Wien 1874.

Verhandlungen der k. k. geologischen Reichsanstalt. 1873. No. 11—18. (Schluss des Jahrg.) 1874. No. 1—13. Wien.

G. Tschermak, Mineralogische Mittheilungen. 3. Bd. Heft 1. 3. 4. Wien 1873. 1874.

Mittheilungen der k. k. geograph. Gesellschaft in Wien 1873. 16. Bd. (Der neuen Folge 6. Wien 1874.

Verhandlungen der k. k. zoologisch-botanischen Gesellschaft in Wien. Jahrg. 1873. Bd. XXIII. Wien 1873.

Tabulae codicum manu scriptorum praeter graecos et orientales in Bibliotheca Palatina Vindobonensi asservatorum. Ed. Academia Caesarea Vindobonensis. Vol. VI. Cod. 9001—11500. Vindobonae 1873.

Abhandlungen der königl. böhmischen Gesellschaft der Wissenschaften vom J. 1873. 6. Folge. 6. Bd. Prag 1874.

Sitzungsberichte der königl. böhmischen Gesellschaft der Wissenschaften in Prag. Jahrg. 1872. Juli — December. — Jahrg. 1873. Mai. Juli. August. Prag 1873. 1874.

Sitzungsberichte der königl. böhmischen Ges. d. Wiss. in Prag. (Mit gegenüberstehendem böhmischen Titel.) No. 2 — 5. 1874.

Magnetische u. meteorologische Beobachtungen auf der k. k. Sternwarte zu Prag im J. 1873. Vierunddreissigster Jahrg. Prag 1874.

Lotos. Zeitschrift für Naturwissenschaften. Herausgeg. vom naturhistorischen Vereine »Lotos« in Prag. 23. Jahrgang. Prag 1873.

Verhandlungen des Vereins für Natur- und Heilkunde zu Presburg. Neue Folge. II. Heft. Jahrg. 1871—1872. Presburg 1874.

Mittheilungen aus dem Jahrbuche der k. ungarischen geologischen Anstalt. Bd. I. Heft 3. Bd. II. Heft 2 u. 3. Pest 1873.

A Magyar Kir. Földtani Intézet Évkönyve. II. Kötet. III. Füzet. Pest 1873.

Jahrbuch des ungarischen Karpathen-Vereins. 1. Jahrg. 1874. Kassa 1874.

Ueber die Marienklagen. Ein Beitrag zur Geschichte der geistlichen Dichtung in Deutschland von Anton Schönbach. Festschrift der k. k. Universität in Graz zur Jahresfeier am 15. Nov. 1874.

V. v. Ebner, Die acinösen Drüsen der Zunge. Veröffentlicht von der Universität Graz. Graz 1873.

Mittheilungen des historischen Vereines für Steiermark. 21. Heft. Graz 1873.

Beiträge zur Kunde steiermärkischer Geschichtsquellen. Herausg. vom histor. Vereine für Steiermark. 10. Jahrg. Graz 1873.

Uebersicht aller in den Schriften des historischen Vereins für Steiermark bisher veröffentlichten Aufsätze, ferner der historischen oder die Steiermark betreffenden Artikel in der Steiermärkischen Zeitschrift. (s. l. e. a.)

Beiträge zur Geschichte, Statistik, Naturkunde u. Kunst von Tirol und Vorarlberg. Herausgegeben von den Mitgliedern des Ferdinandeums, von Mersi, von Pfaundler und Röggel. 1—8. Bd. Innsbruck 1825—1834. — Neue Zeitschrift des Ferdinandeums für

Tirol und Vorarlberg. Herausgegeben von den Kuratoren desselben. 1—12. Bdchen. Innsbruck 1835—1846. — Zeitschrift des Ferdinandeums für Tirol und Vorarlberg. Herausgeg. von dem Verwaltungs-Ausschusse desselben. Dritte Folge. 1—17. Heft. Innsbruck 1853—1872.

Berichte des naturwissenschaftlich-medizinischen Vereines in Innsbruck. 1—3. Jahrg. (Im Ganzen 6 Hefte.) Innsbruck 1871—1873.

Abhandlungen der philos.-philol. Cl. d. k. bayer. Akad. d. Wiss. 13. Bd. 1. 2. Abth. (In d. Reihe d. Denkschriften d. XLVI. Bd.) München 1873. 1874.

Sitzungsberichte der philos.-philol. und histor. Cl. der k. bayer. Akad. d. Wiss. zu München. 1873. Heft 4. 5. 6. 1874. Heft 1. 3. 4. München 1873. 1874.

Abhandlungen der histor. Cl. d. k. bayer. Akad. d. Wiss. 12. Bd. 1. Abth. 2. Abth. (In der Reihe d. Denkschriften d. XLIII. Bd.) München 1873. 1874.

Abhandlungen der mathem.-physikal. Cl. d. k. bayer. Akad. d. Wiss. 11. Bd. 2. 3. Abth. (In d. Reihe d. Denkschriften d. XL. Bd.) München 1873.

Sitzungsberichte der mathem.-physikal. Cl. d. k. bayer. Akad. d. Wiss. zu München. 1873. Heft 2. 3. 1874. Heft 1. 2. 3. München 1873. 1874.

Gedächtniss-Rede auf König Johann von Sachsen, in der öffentl. Sitzung d. königl. Akad. d. Wiss. am 28. März 1874 gehalten von J. v. Döllinger. München 1874.

Justus Freiherr v. Liebig zum Gedächtniss. Rede in d. öffentl. Sitzung d. königl. Akad. d. Wiss. am 28. März 1874 gehalten von Max v. Pettenkofer. München 1874.

Justus Freiherr v. Liebig als Begründer der Agricultur-Chemie. Eine Denkschrift von Aug. Vogel. München 1874.

Ueber den Einfluss des Freiherrn J. v. Liebig auf die Entwicklung der reinen Chemie. Eine Denkschrift von E. Erlenmeyer. München 1874.

Ueber den Einfluss des Freiherrn J. v. Liebig auf die Entwicklung der Physiologie. Eine Denkschrift von Th. L. W. v. Bischoff. München 1874.

Ueber Deutschlands Weltstellung. Rede gehalten in d. öffentl. Sitzung der k. Akad. d. Wiss. am 25. Juli 1874 von Franz v. Löher. München 1874.

Annalen der k. Sternwarte bei München, von Dr. J. v. Lamont. Bd. XIX. (Der vollständigen Sammlung XXXIV. Bd.) Bd. XX. (Der vollständigen Sammlung XXXV. Bd.) München 1873. 1874.

Verzeichniss von 5563 teleskopischen Sternen nördlich von + 15° und südlich von − 15° Declination, welche in den Münchener Zonen-Beobachtungen vorkommen, reducirt auf den Anfang des J. 1850 u. s. w. Von J. v. Lamont. XIII. Supplementband u. s. w. München 1874.

Catalogus codd. latinorum bibliothecae regiae Monacensis. Secundum Andr. Schmelleri indices composuerunt Car. Halm, Ge. Tho-

mas, Gul. Meyer. T. I. P. III. Codd. num. 5251 — 8100 complectens. Monachi 1873. — T. II. P. I. Codd. num. 8101 — 10930 complectens. Monachi 1874.

Abhandlungen der königl. Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen. Bd. XVIII, vom J. 1873. Göttingen 1873.

Nachrichten von der königl. Gesellschaft der Wissenschaften und der Georg-Augusts-Universität aus d. J. 1873. Göttingen 1873.

Verhandlungen der Kais. Leopoldinisch-Carolinischen Deutschen Akademie der Naturforscher. 36. Bd. Dresden 1873.

Leopoldina. Amtliches Organ der Kaiserl. Leop.-Carol. Deutschen Akad. d. Naturforscher. Herausgegeben, unter Mitwirkung der Adjuncten, von dem Präsidenten Dr. W. F. G. Behn. 7., 8. u. 9. Heft. Dresden 1871 — 1874.

Zeitschrift d. k. sächs. statistischen Bureau's. XIX. Jahrg. 1873. Dresden 1873. — Dazu: Monatliche Uebersicht der Resultate aus den meteorologischen Beobachtungen, angestellt auf den k. sächs. Stationen. Mitgetheilt nach den Zusammenstellungen im statistischen Bureau von C. Bruhns. — XX. Jahrg. 1874. Dresden 1874.

Vierteljahrsschrift der astronom. Gesellschaft. IX. Jahrg. 1874. 1. 2. Heft. Leipzig 1874.

Spörer, Beobachtungen der Sonnenflecken zu Anclam. (Publication d. astron. Gesellsch.) Leipzig 1874.

Neues Lausitzisches Magazin. 50. Bd. 2. Heft. Görlitz 1873.

Zeitschrift f. d. gesammten Naturwissenschaften, redig. von C. G. Giebel. Neue Folge. Bd. VIII. 1873. Bd. IX. 1874. Berlin 1873. 1874.

Die Fortschritte der Physik im J. 1869, dargestellt von der physikalischen Gesellschaft zu Berlin. Jahrg. XXV. Berlin 1874.

Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft zu Berlin. Sechster Jahrg. (1873.) No. 19. 20. Siebenter Jahrg. (1874.) No. 1—3. 5—11. 13—18. Berlin 1873. 1874.

Abhandlungen der naturforschenden Gesellschaft zu Halle. Bd. XIII. No. 1. Halle 1873.

Bericht über die Sitzungen der naturf. Ges. zu Halle im J. 1872. — im J. 1873.

Abhandlungen des naturwissenschaftlichen Vereins zu Magdeburg. Heft 3. 4. 5. Magdeburg 1872. 1873. 1874.

I. u. II., III., IV. Jahresbericht des naturwissenschaftlichen Vereins zu Magdeburg. (3 Hefte für die Jahre 1871, 1872 u. 1873.) Magdeburg 1872 — 1874.

Abhandlungen der Schlesischen Gesellschaft für vaterländische Cultur. — Philos.-histor. Abth. 1872/73. Breslau 1873. — Abth. für Naturwissenschaften u. Medicin. 1872/73. Breslau 1873.

Fünfzigster Jahresbericht der Schles. Gesellsch. f. vaterl. Cultur. Enthält den Generalbericht über die Arbeiten u. Veränderungen der Gesellschaft im J. 1872. Breslau 1873.

Jahresbericht des physikal. Vereins zu Frankfurt a/M. für das Rechnungsjahr 1872 — 73. Frankfurt.

Sitzungsberichte der physikalisch-medicinischen Societät zu Erlangen. 6. Heft. Nov. 1873 — Aug. 1874. Erlangen 1874.

Verhandlungen der physikalisch-medicinischen Gesellschaft in Würzburg. Neue Folge. Bd. IV. Heft 2. 3. 4. Bd. V. Heft 1. 2. 3. 4. Bd. VI. Heft 1. 2. 3. 4. Würzburg 1873. 1874.

Verhandlungen des naturhistorisch-medicinischen Vereins zu Heidelberg, Neue Folge. 1. Bd. 1. Heft. Heidelberg 1874.

Dreizehnter und vierzehnter Bericht über die Thätigkeit des Offenbacher Vereins für Naturkunde im Vereinsjahre 1871—72 und 1872—73. Offenbach a/M. 1873.

Verhandlungen des Vereins für Kunst u. Alterthum in Ulm und Oberschwaben. Neue Reihe. Sechstes Heft. Ulm 1874.

Ulmisches Urkundenbuch. Im Auftrage der Stadt Ulm herausgeg. von Prof. Dr. Friedrich Pressel. Erster Bd. Die Stadtgemeinde. Von 854—1314. Stuttgart 1873.

Verhandlungen der Schweizerischen naturforschenden Gesellschaft in Schaffhausen. 56. Jahresversammlung. Jahresbericht 1872—73. Schaffhausen 1874.

Vierteljahrsschrift der naturforschenden Gesellschaft zu Zürich. 17. Jahrg. Heft 1—4. 18. Jahrg. Heft 1—4. Zürich 1872. 1873.

Mittheilungen der naturforschenden Gesellschaft in Bern aus d. J. 1873. No. 812—827. Bern 1874.

Verhandlungen der naturforschenden Gesellschaft in Basel. Sechster Theil. Erstes Heft. Basel 1874. 8.

Jahresbericht der naturforschenden Gesellschaft Graubündens. Neue Folge. Jahrg. 17. (1872—73). Chur 1873.

Mémoires de la Société de Physique et d'Histoire naturelle de Genève. Tome XXIII, partie 2. Genève 1874.

Arbeiten des naturforschenden Vereins zu Riga. Neue Folge. Fünftes Heft. Riga 1873.

Correspondenzblatt des naturforschenden Vereins zu Riga. Jahrg. XX. Riga 1874.

Verhandelingen der Kon. Akademie van Wetenschappen. 13. Deel. Amsterdam 1873.

Verslagen en Mededeelingen der Kon. Akad. v. Wetensch., Afd. Natuurkunde. 2. Reeks. 7. Deel. Afd. Letterkunde. 2. Reeks. 3. Deel. Amsterdam 1873.

Jaarboek van de Kon. Akad. v. Wetensch. gevestigd te Amsterdam voor 1872. Amsterdam 1872.

Processen-Verbaal van de gewone Vergaderingen der Kon. Akad. v. Wetensch. te Amsterdam. Afd. Natuurkunde. Mei 1872—April 1873. Amsterdam 1873.

P. Esseiva, Gaudia domestica. (Von der k. Akad. d. Wiss. in Amsterdam gekröntes Preisgedicht.) Amstelodami 1873.

Nederlandsch Meteorologisk Jaarboek voor 1872, uitgegeven door het Kon. Nederl. Meteorologisk Instituut. Jaarg. 24. Deel 1. — voor 1873. Jaarg. 25. Deel 1. Utrecht 1872. 1873.

Nederlandsch Kruidkundig Archief. Versl. en Mededeel. d. Nederl. Botan. Vereen. Ser. 2. Deel 1. St. 2. 3. Nijmegen 1873.

Verslag van het Verhandelde in de honderdste algemeene Vergadering van het Provinciaal Utrechtsch Genootschap van Kunsten en Wetenschappen, gehouden den 25 Juni 1872. — gehouden den 24 Juni 1873. Utrecht 1872. 1873.

Aanteekeningen van het Verhandelde in de Sectie-Vergaderingen van het Provinciaal Utrechtsch Genootschap u. s. w. gehouden in het Jaar 1871. Utrecht 1871. — ter Gelegenheid van de honderdste algemeene Vergadering, gehouden in het Jaar 1873. Utrecht 1873.

De vita et scriptis Petri Wesselingii. Scr. J. C. Boot. Ed. Societas artium disciplinarumque Rheno-Trajectana. Traj. ad Rhenum 1874.

Geschiedenis der Noordsche Compagnie door Mr. S. Muller. Uitgeg. door het Prov. Utr. Genootschap u. s. w. Utrecht 1874.

Verhandelingen rakende de natuurlijke en geopenbaarde Godsdienst, uitgeg. door Teylers Godgeleerd Genootschap. Nieuwe Serie. Derde Deel. 1e Stuk. Die christliche Gemeindeverfassung im Zeitalter des neuen Testaments. Von W. Beyschlag. Von der Teyler'schen theol. Gesellsch. gekrönte Preisschrift. Haarlem 1874. — 2e Stuk. De Inrichting der christelijke Gemeenten, vóór het onstaan der katholiske Kerk, door J. M. Maronier. Bekroond en uitgeg. door Teylers Godgeleerd Genootschap. Haarlem 1874.

Archives Néerlandaises des sciences exactes et naturelles, publiées par la Société Hollandaise des sciences à Harlem. T. VII. Livr. 4 et 5. T. VIII. Livr. 3 et 4. T. IX. Livr. 1. 2. 3. La Haye 1872—1874.

Programme de la Société Batave de philosophie expérimentale de Rotterdam. 1874.

Recueil des mémoires et des travaux publiés par la Société de Botanique du Grand-Duché de Luxembourg. Nr. 1. 1874. Luxembourg 1874.

Annales de la Société entomologique de Belgique. Tome XVI. Bruxelles 1873.

Preudhomme de Borre, Faunes naturelles. (Extrait des Annales de la Société-entomologique de Belgique.)

Compte-rendu de la Société entomologique de Belgique. 1874. Sér. I. No. 96. 97. 100. — Sér. II. No. 1. 3. 4. 6. 7.

Bullettino dell' Instituto di corrispondenza archeologica. No. XII di Dicembre 1873. — Elenco de' Partecipanti dell' Instituto di corrispondenza archeologica alla fine dell' anno 1873. — Bullettino &c. No. 1—12. Gennajo — Dicembre 1874. — Elenco de' Partecipanti &c. alla fine dell' anno 1874. Roma.

Memorie del R. Istituto Veneto di scienze, lettere ed arti. Vol. XVIII. P. I. S. 1—218. Vol. XIX. P. II. S. 219—341. Venezia 1874.

Atti del R. Istituto Veneto &c. dal Nov. 1873 all' Ott. 1874. Tomo II, Serie IV, Dispensa VII—X. Venezia 1872—73. — Tomo III, Serie IV, Dispensa I—IX. Venezia 1873—74.

Memorie della R. Accademia delle scienze di Torino. Serie seconda. Tomo XXVII. Torino 1873.

Atti della R. Accademia delle scienze di Torino. Vol. IX. Disp. 1—5. Torino 1873. 1874.

Bollettino meteorologico ed astronomico del R. Osservatorio dell' Università di Torino. Anno VII. 1873.

Annali della R. Scuola normale superiore di Pisa. Filosofia e Filologia. Vol. II. 1873.

Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Vol. 163. (1873.) P. I. II. London 1874.

4 L Soc 1726.9

BOUGHT WITH
THE BEQUEST OF
HORACE APPLETON HAVEN,
Of Portsmouth, N. H.
(Class of 1842.)

Rec'd 19 March, 1884.

Λόγος ἐκφωνηθεὶς ὑπὸ τοῦ πρυτανέως τοῦ ἐθνικοῦ πανεπιστημίου, Κ. Παπαῤῥηγοπούλου, τῇ 22 Ὀκτωβρίου 1872, ἡμέρᾳ τῆς ἐπισήμου ἐγκαθιδρύσεως αὐτοῦ. Ἐν Ἀθήναις 1873.

Τὰ κατὰ τὴν λγ' πρυτανείαν τοῦ ἐθνικοῦ πανεπιστημίου ὑπὸ Εὐθυμίου Καστόρχη, πρυτανέως. Ἐν Ἀθήναις 1873.

Λόγος ἐκφωνηθεὶς τὴν κγ' Ὀκτωβρίου 1873, ἡμέραν τῆς ἐπισήμου ἐγκαθιδρύσεως τῶν νέων ἀρχῶν τοῦ ἐθνικοῦ πανεπιστημίου ὑπὸ τοῦ πρώην πρυτανέως, Κ. Παπαῤῥηγοπούλου, παραδόντος τὴν πρυτανείαν εἰς τὸν κύριον Γεώργιον Α. Μάκκαν. Ἐν Ἀθήναις 1874.

Λόγος κατ' ἐντολὴν τῆς ἀκαδημιακῆς συγκλήτου ἐκφωνηθεὶς ἐν τῷ ναῷ τῆς μητροπόλεως ὑπὸ Α. Διομήδους Κυριακοῦ τελουμένου τοῦ ὑπὲρ τῶν εὐεργετῶν τοῦ ἐθνικοῦ πανεπιστημίου μνημοσύνου κατὰ τὴν λ' Ἰανουαρίου, ἑορτὴν τῶν τριῶν ἱεράρχων. Ἀθήνησιν 1874.

Τὰ κατὰ τὴν κατάθεσιν τοῦ θεμελίου λίθου τοῦ Ζαππείου, τὴν 20 Ἰανουαρίου 1874 ἐν Ἀθήναις. Ἀθήνησιν 1874.

Κρίσις τοῦ Βουτσιναίου ποιητικοῦ ἀγῶνος τοῦ 1874. Ἐν Ἀθήναις 1874.

Annals of the Lyceum of Natural History in the City of New-York. Vol. 8. 9. 10 — 11. New-York 1872 — 1873.

Proceedings of the Lyceum of Natural History in the City of New-York. 2. Ser. 1873. Jan. — März. New-York 1873.

Transactions of the American Philosophical Society held at Philadelphia. New Series. Vol. XV. Part I. Philadelphia 1873.

Proceedings of the American Philosophical Society held at Philadelphia. Vol. XIII. Jan. — Mai. Juni — Dec. 1873.

Edw. D. Cape, On the Plagopterinae and the Ichthyology of Utah. Philadelphia 1874. (Abdruck aus den Proceedings of the American philosophical Society of Philadelphia.)

Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia. Part I. II III. 1873. Philadelphia 1873.

Memoirs of the Boston Society of Natural History. Vol. II. P. II. No. 4. P. III. No. 1. 2. Boston 1872. 73.

Proceedings of the Boston Society of Natural History. Vol. XV. Part III. IV. Vol. XVI. Part. I. II. Boston 1873. 1874.

Proceedings of the American Academy of arts and sciences. Vol. VIII. Boston and Cambridge 1873. P. 505 — 680.

The American Naturalist. Dec. 1872 — Januar 1874. Salem, Peabody Academy of sciences. (Dec. 1872 doppelt; dagegen fehlt Dec. 1873.)

Fifth Annual Report of the Trustees of the Peabody Academy of sciences for the year 1872. Salem 1873.

Bulletin of the Buffalo Society of Natural Sciences. Vol. I. No. 2. 3. 4. Buffalo 1873. 1874.

Transactions of the Connecticut Academy of arts and sciences. Vol. II. Part II. New-Haven 1873.

Astronomical and meteorological observations made during the year 1871 at the U. St. Naval Observatory. Washington 1873.

Transactions of the Wisconsin State Agricultural Society. Vol. X. 1871. Vol. XI. 1872 — 73. Madison 1872. 1873.

Einzelne Abhandlungen aus den Proceedings of the California Academy of sciences.

Map of Victoria. Constructed and engraved at the Surveyor Generals Office, Melbourne, published by authority of the Government. Under the direction of A. J. Skene, Surveyor General. The Hon. J. J. Cassey, President, Board of Land and Works and Com[r]. of Lands and Survey. August 15th 1872. (4 grosse Blätter.)

Report of the United States geological survey of the Territories. Vol. I. Fossil Vertebrates. Part I. Leydy, Contributions to the extinct vertebrate Fauna of the Western Territories. — Vol. V. Zoology and Botany. Part I. C. Thomas, Synopsis of the Aevididae of North America. Washington 1873.

Annual Report of the U. St. geological survey. For the years 1867, 68, 69. Washington 1873. — For the year 1872. Washington 1873.

Annual Report of the Commissioner of patents for the year 1869. Vol. III. Washington 1871.

Annual Report of the Chief Signal-officer for the year 1872. Washington 1873.

Miscellaneous publications of the U. St. geological survey. No. 1. 2. Washington 1873.

Signal service U. St. Army. Daily Bulletin of weather-reports for the month of September 1872. Washington 1873.

Annual Report of the Board of public education of the 1. School District of Pennsylvania. For the year 1872. Philadelphia 1873.

Annual Report of the Board of Regents of the Smithsonian Institution for the year 1872. Washington 1873.

Notulen van de algemeene en Bestuurs-Vergaderingen van het Bataviaasch Genootschap van Kunsten en Wetenschappen. Deel X. 1872. No. 4. Deel XI. 1873. No. 1. 3 en 4. Batavia 1873. 1874.

Tijdschrift voor Indische Taal-, Land- en Volkenkunde. Deel XX. Zesde Serie. Deel III. Zevende Serie. Deel I. Afl. 4. 5. — Deel XXI. Zevende Serie. Afl. 2. Batavia 1872—1874.

Alphabetische Lijst van Land-, Zee-, Rivier-, Wind-, Storm- en andere Kaarten, toebehoorende aan het Bataviaasch Genootschap v. K. e. W. Batavia 1873.

Einzelne Schriften.

Zur Charakteristik König Johann's von Sachsen in seinem Verhältniss zu Wissenschaft und Kunst. Gedächtnissrede von Dr. Joh. Paul v. Falkenstein. Neue und in den Beilagen veränderte Auflage, besorgt von J. Petzholdt. Dresden 1874. (2 Exx.)

Ricordo del Rè Giovanni di Sassonia nel primo anniversario della sua morte. Lucca 1874. [Da Giovanni Sforza.]

Geinitz, Das königliche mineralogische Museum zu Dresden. Dresden 1873.

Autodidakten-Lexikon. Herausgegeben unter Mitwirkung mehrerer Fachgelehrten von A. Wittstock. Lieferung I u. II. (Aasen — Bode.) Leipzig 1875.

Ueber Numerirungs-Systeme für wissenschaftlich geordnete Bibliotheken, von S. Comnos, Oberbibliothekar der National-Bibliothek in Athen. Athen 1874.

Achille Brachet, Préliminaires sur le commentaire de la notice du meilleur microscope du Prof. Amici. Paris 1856.

J. D. Möller's Institut für Mikroskopie. Wedel in Holstein. Preisverzeichniss mikroskopischer Präparate, Utensilien und Materialien zur Anfertigung derselben. Berlin 1874.

E. Klein, The Anatomy of the lymphitic system. I. London 1873.

Rumford (Count), The complete Works. Published by the American Academy of arts and sciences. Vol. II. III. Boston 1873. 1874.

Törnebohm, Ueber die Geognosie der schwedischen Hochgebirge. Stockholm 1873.

Supplément à la nouvelle théorie des principaux éléments de la lune et du soleil. Florence 1874.

E. Erdmann, Description de la formation carbonifère de la Scanie. Stockholm 1873.

A. Börtzell, Beskrifning öfver besier-eksteins kromolithografi och lithotypografi &c. Stockholm 1872.

D. Mulder Rosgoed, Bibliotheca ichthyologica et piscatoria. Harlem 1873.

P. Bleeker, Révision des espèces indo-archipélagiques du groupe des Apogonini. Harlem 1874.

E. Erdmann, Iakttagelser öfver Moränbildningar och derof betäckta skiktade jordlager i Skåne. Stockholm 1872.

E. H. v. Baumhauer, Sur un météorographe universel destiné aux observatoires solitaires. Harlem 1874.

Dr. J. Heine, Die epidemische Cholera in ihren elementaren Lebenseigenschaften und in ihrer physiologischen Behandlungsmethode u. s. w. Würzburg 1874.

A. J. Ellis, Algebra identified with Geometry. London 1874.

Archives du Musée Teyler. Vol. III. Fasc. 3. 4. Harlem 1873. 1874.

Los Bronces de Osuna que publica Manuel Rodriguez de Berlanga. Malaga 1873. — Suplemento. Malaga 1873.

Ulrich's von Lichtenstein, des Minnesängers, Grabmal auf der Frauenburg. Von Leopold Beck-Widmannstetter. Mit fünf lithograph. Beilagen und einer Stammtafel. Gràz 1871.

Entwurf eines erfahrungsphilosophischen Systems. Separatabdruck aus dem soeben erschienenen Werke: »Das Dasein Gottes und das Glück der Menschen«, materialistisch-erfahrungsphilosophische Studien von Prof. Krönig. Berlin 1874.

Das Unendliche. Separatabdruck aus demselben Werke. Berlin 1874.

ÖFFENTLICHE GESAMMTSITZUNG

AM 23. APRIL 1874

ZUR FEIER DES GEBURTSTAGES SEINER MAJESTÄT DES KÖNIGS.

Dr. **A. Röhrig**, pract. Arzt in Kreuznach, *Ueber die Zusammensetzung und das Schicksal der in das Blut eingetretenen Nährfette.* Aus dem physiologischen Institute zu Leipzig. Vorgelegt v. d. w. Mitgliede *C. Ludwig.*

Der Weg, auf welchem die Nahrungsfette in das Blut gelangen, und der Antheil, welchen sie an der Gewichtszunahme und an dem Wärmehaushalt des thierischen Körpers nehmen, ist durch zahlreiche Untersuchungen beleuchtet worden. In weit geringerem Grade haben sich dagegen die Chemiker und Physiologen darum bemüht, wie sich die Fette in dem Blute selbst verhalten, und wie sie aus demselben verschwinden. So lag es denn nahe, die Aufmerksamkeit auf diesen Punkt zu richten.

1. Die erste Frage, die ich mir vorlegte, betraf den Seifengehalt des Blutes. In den Schriften, welche von dem Fettgehalt des Blutes handeln, begegnet man durchweg der Behauptung, dass in der Blutflüssigkeit fettsaure Alkalien aufgelöst seien. Ihre Anwesenheit daselbst musste zum mindesten auffällig erscheinen seitdem wir wissen, dass durch Zufügung von reinem und oxalsaurem Ammoniak aus dem Blut Magnesia und Kalk [1]) gefällt werden können. Nach dieser Erfahrung war zu erwarten, dass sich auch die im Blute etwa vorhandenen Ver-

1) *Pribram,* Arbeiten des physiologischen Institutes zu Leipzig 1871 u. *Gerlach* ibid. 1872.

bindungen der fetten Säuren mit Alkalien in unlösliche Erdseifen umsetzen würden.

Diese Vermuthung wurde durch den Versuch bestätigt. Als ich eine klare Auflösung der offizinellen Natronseife in durchsichtiges Blutserum goss, entstand in dem letztern sofort eine wolkige Trübung, welche sich in einen dichten Niederschlag verwandelte nachdem die Flüssigkeit einige Zeit hindurch auf der Centrifuge und nachträglich noch auf Eis verweilt hatte. Wenn dieser Niederschlag mit Wasser und darauf mit Aether ausgewaschen wird, so erscheint er unter dem Mikroskop durchweg krystallinisch; und wenn man ihn unter Erwärmen mit verdünnter Salzsäure behandelt, so geht in die Lösung eine reichliche Menge von Kalk über und gleichzeitig scheiden sich feinere und gröbere Oeltröpfchen aus. Der krystallinische Niederschlag besteht demnach im wesentlichen aus einer Kalkseife.

Insofern aus dieser Beobachtung hervorgeht, dass in dem Blute die alkalischen in erdige Seifen umgewandelt werden, ist durch sie auch schon der Beweis geliefert, dass in dem normalen Serum, welches immer Kalk und Magnesia enthält, keine fettsauren Alkalien enthalten sein können. Um aber jeden Einwand abzuweisen, unternahm ich es, verschiedenemale grössere Blutmengen von Hunden, die sich in der Verdauung befanden, direct auf ihren Seifengehalt zu prüfen. Aber, ich kann es schon jetzt bemerken: so sehr ich auch die Versuchsmethoden abänderte, so ist es mir niemals gelungen, auch nur die kleinsten Spuren von Seifen aufzufinden. Da Seifen in Wasser leicht löslich sind, so hätte man sie also vorzugsweise im Blutserum antreffen müssen, darum machte ich mit der Analyse von grösseren Mengen fettreichen Serums den Anfang. Das Serum wurde zunächst mit Alkohol geschüttelt und filtrirt; der auf dem Filter verbleibende Niederschlag wurde durch fleissiges Auswaschen zuerst mit kaltem und dann mit heissem Alkohol von etwa anhaftenden Seifenspuren befreit. Das Filtrat und die alkoholischen Waschflüssigkeiten wurden vereinigt auf dem Wasserbade eingedampft; der erhaltene Rückstand mit Aether so lange ausgezogen, bis er vollständig fettfrei geworden. Die in Aether unlöslichen Theile, in welchen sich auch die etwa vorhandenen Seifen befinden mussten, wurden mit Wasser ausgezogen. Die filtrirte wässerige Lösung wurde nun mit Chlorcalcium von Neuem gefällt, der Niederschlag abfiltrirt, mit Wasser ausge-

waschen und mit verdünnter Schwefelsäure zersetzt, endlich mit Aether ausgeschüttelt, die ätherische Lösung abgehoben, und verdampft. Es bleibt dann ein äusserst geringer Rückstand, welcher unter dem Mikroskop betrachtet nur einzelne Kochsalzkrystalle erkennen lässt. Fetttröpfchen oder auch nur der schwächste Geruch nach flüchtigen Fettsäuren konnten niemals beobachtet werden.

Ein nicht günstigeres Resultat für die Anwesenheit von Seifen im Blute ergab sich bei Verarbeitung des ganzen Blutes. Selbst bei Anwendung grosser Massen eines stark fetthaltigen Blutes, so u. a. von 135 gr. eines solchen, welches 1.5 p. C. Fett enthielt, liessen sich auch nicht einmal Spuren von verseiftem Fett nachweisen.

Nach diesen Erfahrungen wird es erlaubt sein zu bezweifeln, ob sich an dem Verkehr der Fette zu und aus dem Blute die Seifen in der bisher angenommenen Weise betheiligen. Denn wenn sie mit ihrem Eintritt in das Blut zerlegt werden, so können sie auch nicht als solche in das Blut übergehen, und wenn sie im Blute nicht vorkommen, so können sie aus diesem auch nicht in die Gewebe gelangen. Daraus würde denn auch folgen, dass der duct. thoracicus die einzige Strasse ist, auf welcher die Fette in das Blut eindringen können.

Mit diesen Bemerkungen soll die Angabe von *Radziejewski*[1]) nicht bestritten werden, dass ein Hund von den 150 gr. palmitinsauren Natrons die er mit dem Futter erhielt in seinem Darmkanal binnen 24 Stunden 148 gr. zum Verschwinden brachte, wohl aber sollen sie zu einer erneuten Untersuchung auffordern wie und wohin dieses geschah.

2. Die Bestimmung der Fette im Blute. Ueber die normalen Variationen, welche der Fettgehalt des Blutes erfährt bestehen zwar vielfache Ansichten, aber es liegen, soweit mir bekannt, keine genauen Untersuchungen über diesen Gegenstand vor. Diese sind denn in der That auch erst möglich geworden seit wir den erfolgreichen Bemühungen von *Hoppe-Seyler*[2]) ein sicheres Bestimmungsverfahren verdanken. Da dieses letztere sich wesentlich auf die Ermittelung des Fettgehaltes in serösen

1) Virchows Archiv 43. Bd. p. 271.

2) Handbuch der physiologisch und pathologisch-chemischen Analyse. 3. Auflage. 1870. p. 318.

Flüssigkeiten bezieht, so würde dasselbe eine unmittelbare Anwendung auf das Blut nur dann gestattet haben, wenn man, wie dieses in der That in einem von *Hoppe-Seyler* untersuchten Blute der Fall war, allgemein voraussetzen dürfte, dass das Fett des Blutes wesentlich in das bei der Gerinnung abgeschiedene Serum überträte. Diese Annahme musste zunächst geprüft werden.

Wenn ein Hund reichlich mit Fett gefüttert worden war, so fand sich in der Regel, dass das Blut, welches einige Stunden nach der Nahrungsaufnahme abgezapft wurde, ein Serum abschied, das stark milchigt getrübt ist, öfter sogar ist dasselbe von einer starken rahmartigen Schicht bedeckt, welche sich unter dem Mikroskope aus feinsten Tröpfchen zusammengesetzt erweist. Aber dennoch ist nicht alles Fett in das Serum übergegangen; die chemische Analyse, welche ich in solchen Fällen mit den Blutkuchen ausführte, hat mir gezeigt, dass auch dieser stets Fett und zwar in veränderlichen Mengen enthält. Die Vertheilung der Blutfette zwischen dem Serum und dem Kuchen hängt wesentlich von der Geschwindigkeit ab, mit welcher sich der letztere formirt. Wird das fettige Blut noch warm auf die Centrifuge gebracht und zieht sich der Kuchen sehr rasch zusammen, so wird, weil die Gerinnung des Faserstoffs dem Festwerden des Fettes beim Erkalten des Blutes vorausgeht, ein möglichst fettreiches Serum die zuverlässige Folge sein, während der langsam gebildete Blutkuchen beim Stehen in der Ruhe das geronnene Fett mit einschliesst. Unter diesen Umständen kann es kommen, dass man bei verschiedenartiger Behandlung einer und derselben zu der gleichen Zeit gewonnenen Blutmenge das eine Mal ein dickwolkiges Serum erhält, während dasselbe im anderen Falle vollständig klar ausfallen kann.

Die Fettbestimmung im Blute blieb also nach solchen Erfahrungen ausschliesslich der chemischen Analyse des ganzen Blutes zugewiesen. Bei der Lösung dieser Aufgabe habe ich mich im wesentlichen nach den Vorschriften von *Hoppe-Seyler* gerichtet. Die Grundzüge derselben bestehen in Folgendem: Eine Quantität von nicht über 50 gr. wird gewogen mit dem 3- bis 4fachen Volumen Weingeist geschüttelt und längere Zeit digerirt, filtrirt und der Rückstand mit kaltem, dann mit heissem Alkohol und später mit Aether ausgewaschen. Auf diese Weise erhält man einen weingeistigen und einen ätherischen Auszug. Von ihnen wird

der erstere auf dem Wasserbade bei mässiger Wärme verdunstet, der Rückstand in dem alkoholisch-ätherischen Auszug gelöst, filtrirt, nachgewaschen, von Neuem verdunstet, unter der Luftpumpe über Schwefelsäure getrocknet, in Aether gelöst, filtrirt, getrocknet, abermals eingedampft und schnell gewogen, um schliesslich zum zweiten Male unter die Luftpumpe gesetzt und nun zur Controle abermals gewogen zu werden.

Auf diese Weise erhält man den Fettgehalt des Blutes plus Cholesterin und Lecithin. Zur Abscheidung des ersteren (Cholesterin) werden die Fette der Masse durch längeres Sieden mit einer alkoholischen Aetzkalilösung zur Verseifung gebracht, die alkoholische Seifenlösung eingedampft, der Rückstand in Wasser gelöst, mit Aether geschüttelt, die ätherische Lösung abgegossen und eingedampft, schliesslich unter der Luftpumpe über Schwefelsäure getrocknet und gewogen. Das Gewicht bezeichnet den Cholesteringehalt der Masse. Nun erübrigt noch die Lecithinbestimmung. Zu diesem Behufe wird die wässrige durch Aether vom Cholesterin befreite Lösung von Seifen, Aetzkali u. s. w. auf ihren Phosphorsäuregehalt untersucht, d. h. mit Salpeter verascht, angesäuert und mit einer Lösung von molybdänsaurem Ammoniak in Salpetersäure gefällt. Der Niederschlag von phosphormolybdänsaurem Ammoniak ist in verdünntem Aetzammoniak zu lösen, die Lösung mit ammoniakalischer Magnesialösung zu fällen und nach vollständiger Ausscheidung des Niederschlages zu filtriren, auszuwaschen, zu trocknen, zu glühen und schliesslich zu wägen.

Es ist klar, dass nach Abzug des Gewichts des auf diese Weise bestimmten Lecithingehalts und des für das Cholesterin gefundenen Werthes von dem Gewicht des getrockneten und mit Aether gereinigten alkoholisch-ätherischen Auszugs der genaue Werth für das in der serösen Flüssigkeit enthaltene Fett übrig bleiben muss.

Man wird mir zugeben, dass es sich hier um sehr complicirte und ausgedehnte Bestimmungen handelt; indessen lässt sich dies umständliche Verfahren ohne Schaden für die Exactheit der Resultate recht gut einigermassen abkürzen, indem thatsächlich der Lecithingehalt, selbst bei einem äusserst fetthaltigen Blute immer so gering ausfällt, dass er sich der Gewichtsbestimmung entzieht. Dagegen darf die Cholesterinbestimmung niemals vernachlässigt werden, da dieser Bestandtheil unter

Umständen 10 Procent des gesammten Fettgehalts ausmachen kann. —

In der beschriebenen Form eignet sich nun aber die Methode nur zur Untersuchung seröser Flüssigkeiten. Gilt es sämmtliche Blutbestandtheile zu analysiren, so gestalten sich die Verhältnisse wesentlich complicirter. Man hat es dann in Folge der Blutgerinnung sofort mit zwei gesonderten Blutpartieen zu thun, neben dem Serum noch mit dem Kuchen. Während es zur Untersuchung des ersteren einer besonderen Vorbereitung nicht bedarf, handelt es sich bei dem Coagulum vorerst um dessen exacte Zerkleinerung, um der Berührung von Alkohol und Aether zu allen Partikeln ungehindert Zutritt zu verschaffen. Man könnte daran denken dies auf dem sonst empfehlenswerthen Wege der Eindampfung des Blutkuchens und der feinen nachträglichen Pulverisirung zu erreichen. Wer indessen je schon den Versuch gemacht, wird sich von der Schwierigkeit, ja von der Unmöglichkeit eines solchen Beginnens leicht überzeugt haben, da auch die grösste Consequenz eine wirklich exacte Zerkleinerung nicht herbeizuführen vermag. Meine weiteren Bestrebungen waren daher darauf gerichtet, den frischen Blutkuchen zu zerschneiden und schliesslich in einer Reibschale mit geschlämmtem Sand vorsichtig zu zerreiben. Aber auch damit erreicht man nur eine gröbere Zertheilung des überaus zähen Coagulums, und es lag auf der Hand, dass auch auf diesem Wege in die Untersuchung verhältnissmässig so geringer Fettmengen zu grobe Fehlerquellen eingeführt werden dürften.

Ich begann daher der Blutgerinnung von vornherein entgegenzustreben, und wählte schliesslich dazu einen geringen Zusatz einer 1procentigen Oxalsäurelösung zu dem frisch aus der Arterie entleerten Blutquantum. Die zu untersuchende Blutmenge wurde sogleich in eine Kochflasche mit der gleichen Menge destillirten Wassers und 2 Ccm. der genannten Oxalsäurelösung abgelassen, eine Zeit lang kräftig umgeschüttelt und sodann mit Alkohol vermischt und sonach auf das ganze Blut das Verfahren von *Hoppe-Seyler* angewendet. Da die Kochflasche nebst Inhalt vor der Venäsection genau gewogen war, so war das Gewicht des gewonnenen Blutquantums bei der zweiten unmittelbar nach dem Aderlass angestellten Wägung leicht zu constatiren. Um zu erkennen wie weit die Genauigkeit des analytischen Verfahrens reiche habe ich mehrmals Parallelbestim-

mungen derselben Blutart ausgeführt. Die erste der Doppelanalysen wurde an zwei verschiedenen Portionen eines fettreichen, die zweite an solchen eines fettärmeren Blutes ausgeführt. Sie ergaben

I. a. 46.32 gr. Blut gaben 0.700 gr. Fette + Cholesterin also in 100 Th. = 1.511 gr.
b. 47.50 gr. Blut gaben 0.715 gr. Fette + Cholesterin also in 100 Th. = 1.505 gr.

II. a. 46.20 gr. Blut gaben 0.33 gr. Fette + Cholesterin also in 100 Th. = 0.714 gr.
b. 45.65 gr. Blut gaben 0.32 gr. Fette + Cholesterin also in 100 Th. = 0.701 gr.

Der Unterschied des Procentgehaltes betrug also im ersten Falle 0.006, im zweiten 0.013. Diese Uebereinstimmung ist also jedenfalls eine sehr erfreuliche.

3. Nachdem ich mich von der Brauchbarkeit der beschriebenen Methode überzeugt hatte, konnte ich mir über die Geschwindigkeit Auskunft verschaffen, mit welcher eine in das Blut übergetretene Fettmasse aus dieser wieder verschwindet. Da ihre Kenntniss eine durchschlagende Bedeutung für die Bestimmung der Richtung gewinnt, nach welcher die weitere Untersuchung über das Wie und Wo des Verschwindens zu suchen ist, so habe ich die Lösung der genannten Aufgabe in Angriff genommen. Die hiezu gehörigen Erfahrungen würden offenbar am bequemsten von einem Thiere zu sammeln sein, in dessen Blut eine künstlich bereitete Emulsion gespritzt ist. Indem man dem Thiere in verschiedenen Zeitabständen nach vollendeter Injection Blut entzieht, wird man unmittelbar aus dem veränderten Fettgehalt des Blutes die gewünschte Aufklärung erhalten.

Um den Versuch in dieser Art anstellen zu können war mein Bestreben zunächst darauf gerichtet eine Emulsion herzustellen, welche das Fett in so feinen Tröpfchen suspendirt enthielt, dass ihr Durchtritt durch das Capillarsystem zweifellos gesichert war. Eine gute Emulsion stellt man nach den Erfahrungen von *E. Brücke*[1]) und *F. Hofmann* am zweckmässigsten in der Weise dar, dass man gleiche Mengen eines bei gewöhnlicher Temperatur flüssigen Fetts und destillirtes Wasser mit einigen Tropfen einer schwachen kohlensauren Natron-Lösung

---

1) Wiener Akademie-Sitzungs-Berichte Bd. 61. 1870.

längere Zeit fleissig umschüttelt. Auf diesem Wege kann man nach 5 bis 6 stündigem Schütteln, welches man am zweckmässigsten von der Dampfmaschine besorgen lässt, eine Emulsion erhalten, welche mit einem frischen Milchrahm zu vergleichen ist. Beim längeren Stehen treten die gröberen, mangelhaft gemischten Oeltröpfchen auf der Oberfläche frei wieder zu Tage und können durch Abheben der Emulsion mittelst Hebers abgetrennt werden. Noch wirksamer aber, um die Emulsion von den ungenügend suspendirten grösseren Fetttropfen zu befreien, ist das Centrifugiren der geschüttelten Mischung, und das nachträgliche Durchseihen der abgehobenen Milch durch feines Leinen.

Beabsichtigt man kleinen Thieren grössere Mengen der so bereiteten Emulsion in die Blutmasse einzuspritzen, so empfiehlt es sich, die Injectionsflüssigkeit soweit mit Kochsalz zu versetzen bis sie 0.5 pCt. davon enthält, weil sich bekanntlich bei der Injection reinen Wassers Blutkörperchen aufzulösen pflegen. Das nachträgliche Zusetzen des Kochsalzes ist darum nöthig weil es durchaus nicht gelingt, die Emulsion von vornherein gleich mit Kochsalzlösung anstatt der gleichen Menge destillirten Wassers zu bereiten. Am besten bewährte sich mir als Unterlage für die zu bereitende Emulsion feinstes farbloses Olivenöl; Butter und Schweineschmalz eignen sich zu deren Herstellung und namentlich zur Injection durchaus nicht, weil sie bei einer Temperatur von + 40 ° C. noch fest sind.

Ich gehe nun zur Mittheilung der einzelnen Injectionsversuche selbst über; dieselben wurden sämmtlich an Kaninchen und Hunden angestellt. Anfänglich setzte ich die Injectionsspritze in die vena jugularis externa. Allein bald erwies sich diese Vene wegen ihrer unmittelbaren Communication mit Herz und Lungen als durchaus ungeeignet für diesen Zweck. Die Thiere starben in der Regel schon 10 bis 15 Minuten nach der Einspritzung, oder waren doch, wenn sie auch länger am Leben erhalten wurden, in Folge von embolischer Dyspnoë und Hirnerscheinungen in einem durchaus unphysiologischen Zustande. Ich zog es daher vor, von nun ab die Canüle in die Arterien der Extremitäten und zwar in der Richtung gegen die Capillaren hin zu setzen; zu gleicher Zeit verwarf ich den Gebrauch der gewöhnlichen Injectionsspritzen, welche zu leicht Luft oder kleine an dem Stempel anhaftende Unreinigkeiten in das Gefässsystem einführen, und bediente mich statt dessen eines Apparates, in

welchem der Druck durch eine Hg-Säule erzeugt wird. Mit dieser Modification des Versuchs ergaben sich weit bessere Resultate. Die in die art. brachialis oder art. cruralis eingespritzte Flüssigkeit wurde im peripheren Capillarsystem des Gliedes und der Pfote einer neuen Filtration unterworfen und konnte nunmehr neue Schädlichkeiten in Hirn und Lungen nicht mehr üben. Freilich hatte das Verfahren auch den Nachtheil, dass es unmöglich wurde, dem Thiere in einer verhältnissmässig kurzen Zeit grössere Mengen Emulsion einzuverleiben. Es schien namentlich unmittelbar nach der Verbindung des Injectionsapparats mit dem Stamme eine starke Contraction in den Zweigen der Arterie einzutreten, welche sich äusserlich in einem tonischen Muskelkrampf der ganzen Extremität vor allen Dingen aber dadurch manifestirte, dass in den ersten 5 bis 10 Minuten ein Vorrücken der Injectionsmasse durchaus nicht stattfand. Im Verlauf der nächsten Zeit löste sich das Hinderniss und es gelang in der That innerhalb einer Stunde etwa 50 bis 60 Ccm. einer aus gleichen Theilen Olivenöl und Kochsalzlösung bestehenden Emulsion in den Kreislauf einzuführen. Da die Vermuthung nahe lag, dass das verzögerte Eindringen und Vorrücken der Flüssigkeit von einer Verstopfung der kleinsten Arterien herrühren möchte, so wurde nach dem Tode des Thieres wiederholt die abgelöste Extremität in chromsaurem Kali gehärtet und auf Durchschnitten der verschiedenen Gewebe makroskopisch so wie mikroskopisch nach feinen Oeltröpfchen in dem Gefässinhalt gesucht, ohne dass dieses bestimmt gelungen wäre. Ebenso unbegründet erwies sich der Verdacht, dass der Kältereiz für die angenommene Arteriencontraction verantwortlich zu machen sei, da auch die erwärmte Injectionsmasse dieselbe Erscheinung nach sich zog.

Ich erlaube mir nun von den Resultaten eines der sechs Versuche, welche in der angegebenen Weise angestellt, ausführiicher zu erzählen.

Vers. I. Nach 60stündigem Fasten wurden einem jungen Hunde 30 Ccm. Blut aus der a. cruralis sin. entzogen; hierauf kam der Injectionsapparat mit dem Gefässe in Verbindung, in welches unter einem Druck von 120 Mm. Hg. 56 Ccm. einer Emulsion (halb Oel halb Kochsalzlösung) im Verlauf von 65 Min. eingeführt wurden.

Sofort nach beendigter Injection wurde eine neue Blutmenge von 30 Ccm. aus dem centralen Ende aufgefangen, ein dritter

Aderlass endlich von derselben Grösse eine halbe Stunde später gemacht und das Thier nunmehr durch Verbluten getödtet.

Die chemische Untersuchung der 3 Blutproben ergab folgende Verhältnisse:

kurz vor der Injection 29,81 gr. Blut enthielten 0,154 gr. Fett = 0.504 p. C.
unmittelbar nach beendeter Injection 29,81 gr. Blut enth. 0,199 gr. Fett = 0,668 p. C.
30 Min. nach beendeter Injection 29,88 gr. Blut enthielten 0,190 gr. Fett = 0,636 p. C.

Dieser Versuch und ebenso wie alle übrigen in dieser Art angestellten beweist, dass wir im Stande sind, durch Injection von Emulsionen den Fettgehalt des Blutes zu vermehren. Nur mussten die wenig prägnanten Differenzen auffallen, welche sich erst in den Centigrammen aussprechen.

Von der Idee ausgehend, dass der geringe Unterschied des Fettgehaltes vor und nach der Einspritzung wesentlich daher rühre, dass sich die letztere über eine Stunde ausgedehnt habe beschloss ich, nun die Injectionsdauer abzukürzen und in das centrale Ende der Arterie zu injiciren. Indem so die Flüssigkeit mit den nächst oben abgehenden Zweigen in eine grössere Anzahl von Capillarkreisläufen getragen wurde, vermehrten sich die Gelegenheiten einer schleunigeren Filtration. Die chemische Untersuchung des unmittelbar nach der Einspritzung entleerten Blutes hatte es dann wirklich mit dem reinen Effect der Fetteinverleibung zu thun, anstatt, wie bisher, mit den combinirten Resultaten der innerhalb einer Stunde zugeführten und möglicher Weise in derselben Zeit verschwundenen Fettmengen. Es wurden also auf diese Weise einem jungen Jagdhund 48 Ccm. Emulsion von der erwähnten Zusammensetzung in die rechte arteria brachialis injicirt, eine Procedur, welche in 11 Minuten abgemacht war. Auch diesmal war vor der Injection ein Aderlass von etwa 30 Ccm. Blut angestellt worden, dasselbe geschah in vier aufeinanderfolgenden Terminen und zwar sofort und dann 0.5, 1.5 und 2.5 Stunden nach beendeter Einspritzung. Die chemische Untersuchung lieferte folgende Resultate:

Versuch II.:

vor der Injection 32,79 gr. Blut enthielten 0,20 gr. Fett= 0,609 p. C.
unmittelbar nach der Injection 29,50 gr. Blut enthielten 0,29 gr Fett = 0,908 p. C.

0.5 Stunden nach der Injection 31,72 gr. Blut enthielten 0,29 gr. Fett = 0,910 p. C.

1.5 Stunden nach der Injection 29,22 gr. Blut enthielten 0,24 gr. Fett = 0,82 p. C.

2.5 Stunden nach der Injection 32,78 gr. Blut enthielten 0.22 gr. Fett = 0,67 p. C.

In diesem Versuche war das Fett des Blutes in Folge der Injection erheblich vermehrt worden. Die Werthe würden augenscheinlich auch noch deutlichere Unterschiede ergeben haben, hätten bei dieser Versuchsabänderung nicht Embolieen in die Lungen stattgefunden, welche sich noch bei Lebzeiten des Thieres durch eine starke Dyspnoë zu erkennen gaben und an der Leiche durch grosse Mengen von Fetttropfen innerhalb der Pulmonalgefässe nachgewiesen werden konnten. So war ein grosser Theil des künstlich eingeführten Fetts am Kreisen im übrigen Organismus verhindert worden; aber es hatte mir dieser sonst unwillkommene Zufall zusammen mit dem Ergebniss der chemischen Untersuchung den unzweideutigen Beweis geliefert, dass jedenfalls das eingespritzte Fett einen Capillarkreislauf an der Körperperipherie schon durchwandert haben musste, um in den Lungenkreislauf gelangen zu können.

4. Obwohl sich also die bis dahin geübte Methode der Einverleibung des Fettes nicht als hoffnungslos erwies, so stellten sich doch auch zahlreiche Fehlfälle in Aussicht, deren Beseitigung voraussichtlich nur nach einer langen Reihe von Vorversuchen zu erreichen war. Ich gab darum vorerst die künstliche Zuführung des Fettes auf und wendete mich zu der schon anfangs in Aussicht genommenen natürlichen. Um bei dieser das mir vorschwebende Ziel zu erreichen wurden die Thiere, nachdem sie vorher gefastet hatten, mit einer grösseren Gabe reinen Fettes gefüttert. Vier Stunden nach der Fütterung, zu einer Zeit also, in welcher die Zufuhr des Fettes zum Blute jedenfalls im starken Gange war, wurde der ductus thoracicus vor seiner Einmündung in die Halsvenen unterbunden, so dass nun plötzlich der weitere Zutritt des Fettes zum Blute verhindert wurde. Wenn sich nun in einer Reihe von Blutproben, welche dem Thiere in bestimmten Intervallen entzogen waren, eine Abnahme des Fettgehaltes zeigte, so konnte hierin nur der Ausdruck der Vorgänge gefunden werden, welche die Entfernung der Blutfette veranlassen, da wie wir früher gesehen auf keinem anderen Wege

als durch den duct. thoracicus eine Zufuhr jener Stoffe geschehen kann.

Die Unterbindung der Wege, welche aus dem duct. thoracicus in die Venen führen, muss mit der grössten Sorgfalt geschehen wegen der vielen anatomischen Abweichungen, welche im Endverlauf desselben vorzukommen pflegen. Nicht nur, dass sich der Gang oft kurz vor seinem Eintritt in die Subclavia oft in 2—4 Aeste auflöst, von denen jeder gesondert in die Vene einmündet, häufig genug tritt ein Ast direct auf die andere Seite über um mit dem rechten Brustgang zu anastomosiren, oder er wendet sich direct nach dem Halslymphstrang der entsprechenden Seite. So kommt es leicht, dass man den ductus thoracicus unterbunden zu haben glaubt, während die Section durch eine prächtige Fettinjection der Lymphgefässe von Hals und Pleura sofort verräth, dass ein Eintritt von Fett in die Blutbahn noch ungehindert fortbesteht. Will man daher ganz sicher gehen, so muss man ausser dem Milchbrustgang noch die vena subclavia vor dessen Einmündung und vor allen Dingen die Lymphstämme der Brust und des Halses beiderseits sorgfältig verschliessen. In Folge hiervon staut sich dann zuweilen der Chylus in die Lymphgefässe der Nieren und Muskeln hinein; dieses ereignet sich namentlich bei älteren Thieren, deren Klappen weniger fest zu schliessen scheinen. Es wird kaum der Bemerkung bedürfen, dass bei dieser Operation jeder nennenswerthe Blutverlust vermieden werden muss durch sorgfältige Unterbindung der Arterienstämmchen, welche im Versuchsfelde gelegen sind.

Ich theile im Nachfolgenden einige Blutanalysen mit, welche zunächst sich auf einen Fettgehalt im Hungerzustande, auf den Zeitpunkt kurz vor der Fütterung erstreckten, später die Werthe für das 3 bis 4 Stunden nach der Fettfütterung im Blute angehäufte Fettquantum, um zuletzt die Progressionen seines Verschwindens in längeren und kürzeren Pausen nach der Unterbindung des Milchbrustgangs festzustellen.

Versuch III. Ein grosser Fleischerhund von 17 Kilogramm Gewicht wird durch 48 Stunden ohne Nahrung gelassen, um am Operationstage Morgens 8 Uhr zunächst eine kleine Venäsection von 45 Ccm. Blut aus der linken Carotis zu bestehen, nachdem ihm kurz vorher ein halbes Pfund ausgelassenes Schweineschmalz zum Futter dargeboten war. Vier Stunden später, 12 Uhr Mittags, wird ihm der ductus thoracicus unterbunden mit der linken

vena subclavia und den Lymphsträngen beider Seiten, und unmittelbar danach eine zweite Blutportion von derselben Grösse an der vorhin bezeichneten Stelle abgelassen, wie jene mit Oxalsäure und Wasser geschüttelt und zur chemischen Analyse abgewogen. Der Aderlass wird wiederholt: 3 Uhr 30 Minuten also 3 Stunden nach beendeter Unterbindung, ferner $5^1/_2$ Stunden später, Abends 9 Uhr (also $8^1/_2$ Stunden nach der Ligatur) so wie endlich andern Morgens 11 Uhr also $22^1/_2$ Stunden nach Unterbindung des Milchbrustgangs. Dann wird das Thier durch Verbluten getödtet und die Section gemacht, mit dem erfreulichen Ergebniss, dass ein weiterer Zufluss von Chylus in den Kreislauf nicht stattgehabt haben konnte, da sich nirgends die charakteristische Injection von Lymphgefässen in den Geweben zeigte und gewaltsames centripetales Ausstreichen des Ductus an keiner Stelle der Nachbarschaft namentlich nicht in die Subclavia Fett auszupressen im Stande war.

Die chemische Untersuchung ergab folgende Verhältnisse:

A. kurz vor Fettfütterung 47,49 gr. Blut enthielten 0,405 gr. Fett + Cholesterin = 0,85 p. C.

B. unmittelbar nach Ligat. des Duct. 47,20 gr. Blut enthielten 0,69 gr. Fett + Cholesterin = 1,45 p. C.

C. 3 Stunden nach Ligatur 47,9 6gr. Blut enthielten 0,52 gr. Fett + Cholesterin = 1,08 p. C.

D. $8^1/_2$ Stund. nach Ligat. 46,32 gr. Blut enthielten 0,33 gr. Fett + Cholesterin = 0,70 p. C.

E. 22 Stund. nach Ligat. 47,50 gr. Blut enthielten 0,33 gr. Fett + Cholesterin = 0,69 p. C.

Der Gehalt von Cholesterin vertheilt sich auf die genannten Zahlen in folgender Weise:

A. = 0,055 gr. = 0,11 p. C.
B. = 0,10 gr. = 0,21 p. C.
C. = 0,094 gr. = 0,19 p. C.
D. = 0,085 gr. = 0,18 p. C.
E. = 0,092 gr. = 0,19 p. C.

Mithin war der reine Werth für die neutralen Fette bei

A. = 0,74 p. C.
B. = 1,24 p. C.
C. = 0,89 p. C.
D. = 0,52 p. C.
E. = 0,50 p. C.

Das Cholesterin verhielt sich im Vergleich zum wirklichen Fettgehalt bei

A. = 12,9 p. C.
B. = 14,5 p. C.
C. = 17,0 p. C.
D. = 25,7 p. C.
E. = 27,6 p. C.

Hierbei frappirt uns zunächst das während der Fettresorption aus dem Darm beobachtete Ansteigen des Cholesteringehalts. Da es unmöglich ist, anzunehmen, dass diese grossen Mengen mit dem Fettgenuss in den Körper eingeführt worden sein konnten, und besonders, da die Grösse des Cholesterins constant auf dieser Höhe verharrt, während die des Fettgehalts beständig absinkt, so kann hier blos von den mit der Galle in den Darm ausgeschiedenen Cholesterinmengen die Rede sein, welche bekanntlich in fetten Oelen löslich durch die reichere Anwesenheit letzterer im Darm während der Fettverdauung für die Resorption ins Blut zugänglich gemacht werden. Die Annahme bestätigt sich in erhöhtem Maassstabe, da früher bei directer Fettinjection in das Blutgefässsystem eine derartige Vermehrung des Cholesterins nicht beobachtet werden konnte.

Versuch IV. Sehr grosser Neufundländer Hund von 20 Kilogramm Gewicht, erhält, nachdem er 60 Stunden lang keine Nahrung erhalten, am Operationstage früh $7^1/_2$ Uhr $^1/_2$ Pfund ausgebratenes Schweineschmalz. Drei und eine halbe Stunde später wird ihm der ductus thoracicus blosgelegt und nach einhalbstündiger Operation $11^1/_2$ Uhr zugleich mit der Vene jenseits der Einmündungsstelle und mit den rechten und linken Lymphsträngen unterbunden, dann ein Aderlass von 45 Ccm. Blut aus der Carotis behufs dessen chemischer Untersuchung gemacht, ein zweiter Aderlass 3 Stunden später, 2 Uhr, betrug ebenfalls 45 Ccm., ein dritter $5^1/_2$ Uhr (d. h. $3^1/_2$ Stunden später und $6^1/_2$ Stunden nach stattgehabter Verschliessung des duct. thorac.) und der vierte nach abermals 3 Stunden, $9^1/_2$ Stunden nach Ligatur 8 Uhr 30 Min. Abends, endlich der letzte fünfte andern Mittags 11 Uhr 30 Min. also genau 24 Stunden nach Unterbindung des Ganges. Die Section ergab, dass die Unterbindung correct erfolgt war, dass die Lymphklappen genügend geschlossen hatten. Bei Druck auf die Baucheingeweide entleerte sich durchaus keine Spur von Milchsaft aus der angeschnittenen

Schlüsselbeinvene, während beim Anschneiden des Ductus selbst der massenhaft angestaute Chylus sich hoch im Strahle ergoss. Der Fettgehalt des Blutes vor der Fütterung war diesmal nicht bestimmt worden. Hier das Resultat der Analyse:

Aderlass A. (unmittelb. nach Unterbindung des Ductus) von 47,80 gr. Blut = 0,51 gr. Fett = 1,06 p. C.

Aderlass B. (3 Stunden nach d. Ligatur) von 47,23 gr. Blut = 0,44 gr. Fett = 0,93 p. C.

Aderlass C. ($6^1/_2$ Stunden nach Ligatur) von 46,18 gr. Blut = 0,39 gr. Fett = 0,84 p. C.

Aderlass D. ($9^1/_2$ Stunden nach Ligatur) von 46,55 gr. Blut = 0,32 gr. Fett = 0,68 p. C.

Aderlass E. (24 Stunden nach Ligatur) von 47,58 gr. Blut = 0,30 gr. Fett = 0,63 p. C.

Das Cholesterin beläuft sich bei

A. auf 0,045 gr. = 0,09 p. C.
B. auf 0,040 gr. = 0,08 p. C.
C. auf 0,045 gr. = 0,09 p. C.
D. auf 0,040 gr. = 0,08 p. C.
E. auf 0,040 gr. = 0,08 p. C.

Mithin der reine Gehalt an neutralem Fett bei

A. = 0,97 p. C.
B. = 0,85 p. C.
C. = 0,75 p. C.
D. = 0,60 p. C.
E. = 0,55 p. C.

Das Verhältniss des Cholesterin zum Fettgehalt war diesmal folgendes:

A. = 9 p. C. Cholesterin
B. = 9 p. C. -
C. = 12 p. C. -
D. = 13 p. C. -
E. = 14 p. C. -

Versuch V. Grosser Kettenhund, von 16 Kilogramm Gewicht, hatte 2 Tage gehungert und bekam am Versuchstage früh 6 Uhr $^1/_2$ Pfund ausgelassenes Pferdefett. Der ductus thoracicus wird diesmal nach $4^1/_2$ stündiger Fettverdauung unterbunden 11 Uhr 30 Min., und zugleich die erste Blutprobe von 30 Ccm. Blut abgenommen. Dasselbe Quantum nach 3 Stunden, 2 Uhr 30 Min. In der Zwischenzeit läuft das Thier wie auch die frü-

heren umher. Nach abermals 3 Stunden, 5 Uhr 30 Minuten, wird ein dritter Aderlass von derselben Grösse gemacht, ein vierter 8 Uhr 30 Min. nach wieder 3 Stunden, so wie endlich der letzte andern Morgens 11 Uhr 30 Min. (24 Stunden nach der Unterbindung des Ganges). Die Section erwies auch diesmal eine correcte Unterbindung und dass keinerlei Anastomosen mit andern Lymphgängen oder Körpervenen stattgehabt hatten. Nur schien eine einzige Klappe an dem alten Thiere nicht mehr recht sufficient gewesen zu sein und in Folge dessen einige Muskelbündel in dem linken Brustmuskel schwach mit Chylus injicirt. Die quantitative Untersuchung des Blutes auf Fett verhielt sich so:

Aderlass A. (sofort nach Ligatur des ductus) 30,80 gr. Blut = 0,39 gr. Fett = 1,26 p. C.
Aderlass B. (3 Stund. n. Ligat.) 30,60 gr. Blut = 0,32 gr. Fett = 1,04 p. C.
Aderlass C. (6 Stund. n. Ligat.) 31,64 gr. Blut = 0,30 gr. Fett = 0,94 p. C.
Aderlass D. (9 Stund. n. Ligat.) 31,44 gr. Blut = 0,26 gr. Fett = 0,82 p. C.
Aderlass E. (24 Stund. n. Ligat.) 30,42 gr. Blut = 0,21 gr. Fett = 0,69 p. C.

Andere Versuche, welche darauf gerichtet waren, kürzere Zeiträume hindurch das Verhalten des Fettgehalts im Blute zu beobachten, ergaben wohl stets eine grössere Anhäufung der Fette im Kreislauf im Lauf der Verdauung, ohne aber eine ausgesprochene Verminderung während der kürzeren Beobachtungsdauer nach der Unterbindung des Milchbrustgangs zur Erscheinung kommen zu lassen.

Versuch VI. Grosser Jagdhund, von 12 Kilogramm Körpergewicht, wird nach mehrtägigem Hungern eines Tages früh 9 Uhr aufgebunden und eine Blutprobe von 30 Ccm. Blut aus der carotis gewonnen. Alsdann erhält er eine reichliche Quantität frisch ausgeschmolzenen Rossfettes. Vier Stunden später wurde der duct. thoracicus durch eine Ligatur verschlossen, 1 Uhr, und gleichzeitig eine neue zweite Blutprobe von demselben Volumen abgelassen, ein dritter Aderlass $1/2$ Stunde nach Anlegung der Ligatur 1 Uhr 30 Min. gemacht, ein vierter von derselben Grösse $1/2$ Stunde später also 1 Stunde nach der Unterbindung, 2 Uhr, der fünfte $1\,1/2$ Stunde nach Unterbindung, 2 Uhr

30 Min. und endlich der sechste Aderlass 3 Uhr d. h. 2 Stunden nach unterbundenem Gang.

Betrachten wir die zugehörige Blutanalyse:

Aderlass A. (vor Fettfütterung) 0,16 gr. Fett in 29,60 gr. Blut = 0,54 p. C.

Aderlass B. (sof. nach Ligatur) 0,30 gr. Fett in 28,52 gr. Blut = 1,05 p. C.

Aderlass C. ($^1/_2$ Stunde nach Ligat.) 0,26 gr. Fett in 28,855 gr. Blut = 0,87 p. C.

Aderlass D. (1 Stunde nach Ligat.) 0,25 gr. Fett in 28,48 gr. Blut = 0,87 p. C.

Aderlass E. (1 $^1/_2$ Stunde nach Ligat.) 0,23 gr. Fett in 28,16 gr. Blut = 0,81 p. C.

Aderlass F. (2 Stunden nach Ligat.) 0,24 gr. Fett in 28,50 gr. Blut = 0,84 p. C.

Versuch VII. Grosser Fleischerhund von 17 Kilogramm Gewicht, hat 2 Tage gehungert, bekommt am Versuchstage früh 6 Uhr die gewöhnliche Portion zum Futter vorgeworfen, welche er auch mit gutem Appetit verzehrt. Um 10 Uhr wird der duct. thorac. zugebunden (4 Stunden nach der Fettaufnahme des Thieres). Sobald dies vollendet, werden 30 Ccm. Blut entleert. 10 Uhr 30 Min., ebenso 11 Uhr 30 Min., 12 Uhr 30 Min., 1 Uhr 30 Min. und 3 Uhr 30 Min. (5 Stunden nach der Ligatur).

Chemische Untersuchung der Blutmengen:

Blutmenge A. (sof. n. Unterbindung d. duct.) von 33,60 gr. Blut = 0,345 gr. Fett = 1,02 p. C.

do. B. (1 Stunde n. Unterbindung d. duct.) von 33,49 gr. Blut = 0,30 gr. Fett = 0,89 p. C.

do. C. (2 Stunden n. Unterbindung d. duct.) von 31,21 gr. Blut = 0,25 gr. Fett = 0,80 p. C.

do. D. (3 Stunden n. Unterbindung d. duct.) von 31,58 gr. Blut = 0,24 gr. Fett = 0,76 p. C.

do. E. (5 Stunden n. Unterbindung d. duct.) von 33,42 gr. Blut = 0,255 gr. Fett = 0,76 p. C.

Zur Erleichterung der Uebersicht über die Resultate, welche die Analysen des Blutes nach Fettfütterung und darauf folgender Unterbindung der Lymphstämme gegeben und zugleich als Grundlage für die daran zu knüpfenden Bemerkungen habe ich die folgende Tabelle zusammengestellt. Den Ueberschriften entprechend steht im ersten Stab derselben die Versuchsnummer

und das Körpergewicht des Versuchshundes. In dem zweiten die Zeitbestimmung des Aderlasses, in dem dritten der Procentgehalt des Blutes an Fetten. An diese durch die unmittelbare Beobachtung gegebenen Daten schliesst sich im vierten Stabe die hypothetische Blutmenge an, welche das Thier zu der Zeit enthielt, in welcher der Aderlass gemacht wurde. Dieser Werth ist aus dem Körpergewicht unter der Voraussetzung berechnet, dass das Thier vor dem ersten Aderlass 6 Procent seines Gewichtes an Blut besessen habe. So oft nun ein Aderlass angestellt war, wurde das Gewicht des entleerten Blutes von der ursprünglichen hypothetischen Blutmenge abgezogen und der Rest als die wahre Blutmenge angesehen. Ob diese Annahme der Wirklichkeit entspricht ist allerdings mehr als unwahrscheinlich, da wir wissen, dass sich nach jeder Entziehung das Blut wieder ergänzt. Wenn ich trotzdem die Schätzung, so wie es geschehen, gewählt habe, so that ich dieses theils darum, weil die Ausgleichung des Blutverlustes aus den übrigen Körpertheilen wegen der Unterbindung des duct. thorac. beschränkt war, so dass der Ersatz des verlorenen Blutgewichtes möglicher Weise weniger vollkommen als im Normalzustande ausfiel, theils aber aus dem Grunde, um die hypothetische Summe des Fettverlustes keinenfalls kleiner als den wirklichen erscheinen zu lassen. Inwiefern dieses letztere hierdurch erreicht wird, soll sogleich angegeben werden. In der fünften Columne der Tabelle ist die Summe des Blutfettes der Thiere für den Zeitpunkt angegeben, in welchem der Aderlass unternommen war. Die entsprechenden Zahlen wurden aus dem bekannten procentischen Fettgehalte des Aderlassblutes und aus der für jene Zeit berechneten Blutmenge gefunden. Diese Zahl wächst also bei gegebenem Procentgehalt des Blutes an Fett mit der Blutmenge. Wenn, wie oben bemerkt, diese letztere geringer geschätzt wurde, als die wirklich vorhandene, so wird auch mit dem fortschreitenden Blutverlust die berechnete Fettmenge rascher abnehmen, als dieses in Wirklichkeit der Fall war. In dem sechsten Stabe endlich ist eingetragen, wie sich der mittlere Verlust an Fetten in der Einheit der Zeit gestaltete, welche zwischen zwei aufeinander folgenden Aderlässen verstrichen war.

Versuchs-nummer u. Körper-gewicht	Zeitbestimmung des Aderlasses	Procent. Fettgehalt des Blutes	Hypothet. Blut-menge.	Summa des Blutfettes	Verlust an Fett in 1 Stunde.
	Vor d. Fettfütterung	0.74 p. C.	1020 gr.	7.55 gr.	
III.	Sof. nach d. Ligatur	1.24 do.	973 „	12.05 „	
	3 Stunden do.	0.89 do.	926 „	8.28 „	1.27 gr.
17.0 Kilo.	8.5 do. do.	0.52 do.	880 „	4.58 „	0.66 „
	22 do. do.	0.50 do.	833 „	4.17 „	0.30 „
	Sof. nach d. Ligatur	0.92 p. C.	1200 gr.	11.64 gr.	
IV.	3 Stunden do.	0.85 do.	1153 „	9.78 „	0.62 gr.
	6.5 do. do.	0.75 do.	1106 „	8.30 „	0.42 „
20.0 Kilo.	9.5 do. do.	0.60 do.	1060 „	6.36 „	0.55 „
	24 do. do.	0.55 do.	1013 „	5.57 „	0.05 „
	Sof. nach d. Ligatur	1.26 p. C.	960 gr.	12.10 gr.	
V.	3 Stunden do.	1.04 do.	930 „	9.67 „	0.81 gr.
	6 do. do.	0.94 do.	900 „	8.46 „	0.40 „
16.0 Kilo.	9 do. do.	0.82 do.	869 „	7.03 „	0.47 „
	24 do. do.	0.69 do.	838 „	5.78 „	0.08 „
	Vor d. Fettfütterung	0.54 p. C.	720 gr.	3.88 gr.	
	Sof. nach d. Ligatur	1.05 do.	691 „	7.26 „	
VI.	0.5 Stunden do.	0.87 do.	663 „	5.77 „	1.49 gr.
12 Kilo.	1 do. do.	0.87 do.	635 „	—	
	1.5 do. do.	0.81 do.	607 „	4.91 „	
	2 do. do.	0.84 do.	579 „	—	0.76 „
	Sof. nach d. Ligatur	1.02 p. C.	1020 gr.	10.40 gr.	
VII.	1 Stunde do.	0.89 do.	987 „	8.78 „	1.62 gr.
	2 do. do.	0.80 do.	954 „	7.63 „	1.15 „
17.0 Kilo.	3 do. do.	0.76 do.	923 „	7.11 „	0.52 „
	5 do. do.	0.76 do.	890 „	—	

Wenn der Inhalt, welchen die vorstehenden Zahlen enthalten, in Worte gebracht werden soll, so wird man streng zwischen ihren thatsächlichen, durch die Beobachtung gegebenen Aussagen und den darauf gegründeten Hypothesen zu unterscheiden haben. Da der Gegenstand der Beobachtung nur der procentische Gehalt des Blutes an Fett war, so wird sich der erste Theil meiner Ableitungen auch nur auf diesen erstrecken.

Das Blut der Hunde ist auch nach mehrtägigem Fasten noch fetthaltig. In drei Beobachtungen schwankte der Gehalt des Blutes an Fett zwischen 0.5 und 0.7 Procent. — Während der Verdauung einer Nahrung, die u. A. aus Fetten besteht, mehren sich die letzteren im Blute nicht unbeträchtlich —, indem sie bis zu 1.25 p. C. steigen können. — Wird während fortdauernder

Verdauung der ductus thoracicus geschlossen, so vermindert sich mit der wachsenden Zeit der Gehalt des Blutes an Fetten, und zwar so, dass sich der Verlust in den ersten Stunden viel bedeutender als später stellt. Mit andern Worten, das Fett verschwindet um so rascher aus dem Blute, je reichlicher es daselbst vorhanden ist. — Aber auch im günstigsten Falle ist die Geschwindigkeit, mit welcher das Fett abnimmt eine geringe, indem im Maximum derselben der procentische Fettverlust des Blutes in einer Stunde nur 0.15 beträgt.

Wollte man zu einer exacten Vorstellung der absoluten Mengen von Fett gelangen, welche während des Höhestadiums der Verdauung im Blute kreisen und nach der Unterbrechung der Zufuhr in der Zeiteinheit verschwinden, so müsste man das Gewicht des Blutes kennen, welches zu der Zeit vorhanden, als aus ihm eine Probe behufs der Fettbestimmung entnommen war. Dieses ist bekanntlich unmöglich und so sind wir auf eine Schätzung der genannten Werthe angewiesen, die allerdings nicht allzuweit von der Wahrheit abweichen kann. Führen wir diese aus, so ergiebt sich, dass das gesammte Blut vom Hunde selbst im Maximum der Geschwindigkeit, mit welcher dasselbe sein Fett verliert, nicht mehr als 1.5 gr. in der Stunde einbüssen konnte.

Vergleicht man diese Zahl mit den numerischen Ergebnissen, welche *C. Voit* und *Fr. Hofmann* u. A. für die Resorption beziehungsweise für den Ansatz der Nährfette im Körper des Hundes gewonnen haben, so ergiebt sich ein ganz ausserordentlicher Unterschied. Um diesen hervortreten zu lassen, wähle ich einen von *Hofmann*[1]) genau beobachteten Fall aus. Von einem sehr abgemagerten, anfangs 16.0 Kilo schweren Hunde wurden im Verlauf von 5 Tagen aus der dargereichten Nahrung, frischer Speck, 1854 gr., also an einem Tage im Mittel 370.8 wasserfreien Fettes resorbirt, und dabei sein Körpergewicht auf 20.2 Kilo gebracht. Das Thier wurde am Beginn des sechsten Fütterungstages getödtet, weil der Eintritt krankhafter Störungen befürchten liess, dass die Resorption des Nahrungsfettes weiterhin nicht mehr stattfinden werde. Nachdem aus der Leiche das im Darmkanal befindliche Fett sorgfältig entfernt war, wurde eine Be-

1) Der Uebergang von Nahrungsfett in die Zellen des Thierkörpers. München 1872.

stimmung der im Thiere vorhandenen Fettmengen vorgenommen und dabei 1352.7 gr. vorgefunden. Da das Thier vor dem Beginn der Fettfütterung in einem Zustande war, in welchem es — nach Analogie mit andern durch langes Hungern nach vorausgegangener Fleischnahrung abgemagerten Hunden — nur höchstens 100 gr. wasserfreien Fettes enthalten hatte, so mussten von den 1854 gr. aufgenommenen Fettes mindestens 1250 gr. in die Gewebe angesetzt und das übrige dem Respirationsprozess anheimgefallen sein. Nach unsern gegenwärtigen Vorstellungen müssen nun die 1854 gr. resorbirten Fettes, um in die Gewebe bez. um zur Verbrennung zu gelangen, durch den duct. thoracicus hindurch in das Blut eingetreten sein. Da nun aber das Blut des Thieres, welches bei Tödten desselben aufgefangen war, in 100 Theilen nur 0.08 Fett enthielt, so muss das resorbirte Fett äusserst rasch wieder ausgetreten sein, da von den täglich aufgenommenen 370.8 gr. nur ein so geringer Rückstand verblieben war. Unter Voraussetzung eines gleichmässig geschwinden Austrittes hätten also stündlich mindestens 15 gr. Fett auf verschiedenen Wegen verschwinden müssen.

Zukünftigen Untersuchungen muss es überlassen bleiben, diesen Widerspruch zwischen den vorliegenden Beobachtungen zu lösen.

5. Der Weg, auf welchem die Blutfette verschwinden, kann möglicher Weise ein doppelter sein, entweder sie treten unverändert aus dem Blute aus, oder sie zerlegen sich in dem Blute selbst. Denn obschon es erwiesen zu sein scheint, dass bei einem reichlichen Gehalte der Nahrung an Fetten ein Theil dieser letzteren unverändert durch das Blut hindurch in die Gewebe gelangt, so möchte ich darum ihre Zerlegung im Blute noch nicht ausser Frage stellen. Hiezu veranlassen mich folgende Thatsachen.

Mit dem vermehrten Uebertritt der Fette in das Blut nahm, wie wir p. 13 u. fg. sahen, auch der Gehalt des Cholesterins zu. Wenn aber die Fette wieder verschwanden, so geschah dieses nicht in demselben Maasse mit dem Cholesterin. Da wir annehmen müssen, dass das Cholesterin, in Fetten gelöst, in das Blut gekommen ist, so wäre nicht einzusehen, warum es nicht auch wieder mit den Fetten aus dem Blute wanderte, vorausgesetzt dass dieselben das letztere gerade so wieder verliessen, wie sie eintraten.

Wenn die Fette unverändert aus dem Blute austräten, so wäre zu erwarten, dass man dieselben auch als feinste Tröpfchen in der Lymphe wiederfände. Dieses ist aber beim Hunde wenigstens nicht der Fall. Hierfür kann ich folgende Versuche anführen. Aus dem rechten ductus thoracicus von zwei grossen Hunden, deren Blut sich in Folge der Fütterung reichlich mit Fett beladen hatte, entnahm ich 18,0 beziehungsweise 16,5 Ccm. Lymphe. Als diese Flüssigkeiten nach der oben beschriebenen Weise auf Fett untersucht wurden fand ich auch nicht eine Spur desselben vor, obwohl sich das einemal 1.51 und das anderemal 1.12 p. C. Fett im Blute der genannten Thiere nachweisen liessen. Wie hätte aber die Lymphe, obwohl sie doch weisse und rothe Blutkörperchen mit sich führte, frei von Fett sein können, wenn dieses aus den Blutgefässen in die Lymphwurzeln der oberen Extremität übergetreten wäre?

Wenn man zu der Zeit, wo der fettreiche Chylus durch die Lymphdrüsen geht aus den letzteren Lymphzellen auspresst und mikroskopisch untersucht, so findet man viele derselben mit Fetttröpfchen erfüllt. Diese Erscheinung, welche eine genauere Verfolgung verdient, legt die Vermuthung nahe, dass die im Blute kreisenden Lymphzellen eines der Mittel zur Zerlegung der Fette abgeben möchten. Aus dieser Annahme würde sich denn auch die geringe Geschwindigkeit erklären, mit welcher das Blut sein Fett wieder einbüsst.

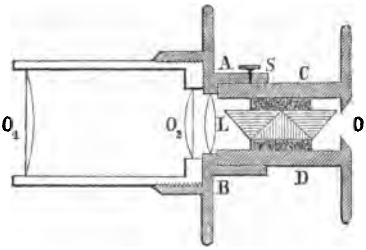
Zu der Reihe von Thatsachen, welche eine specifische Einwirkung des Blutes auf die mit dem Chylus zugebrachten Fette vermuthen lassen, zählt vielleicht die von mir gemachte Erfahrung, dass hellrothes, frisch defibrinirtes Blut, wenn es mit einem Zusatz von fetthaltigem Chylus bei Anwesenheit von atmosphärischer Luft geschüttelt war, sich dunkelroth färbt und unter Auflösung einer gewissen Anzahl von rothen Blutkörperchen ein lackfarbenes Aussehen erlangt. Da diese Erscheinung möglicher Weise mit einer Oxydation der Fette in Verbindung stand, so fühlte ich mich veranlasst zu prüfen, ob bei der beschriebenen Veränderung des Blutes eine Bildung von Kohlensäure bemerklich sei. Zu dem Ende sammelte ich aus dem Milchbrustgange eines Hundes 8 Ccm. dickrahmigen Chylus, welcher defibrinirt und mit 40 Ccm. defibrinirten arteriellen Blutes desselben Thieres in einem verschliessbaren Glascylinder vermischt wurde. Durch den Pfropfen des Cylinders gingen zwei rechtwinklig ge-

bogene durch Quetschhahn und Kautschukröhren verschliessbare Glasröhren. Die erste derselben ging in einen mit Lauge gefüllten Kaliapparat, der anderseits in einen Sauerstoffgasometer ausmündete. Die zweite Röhre führte mit ihrem freien Ende in ein mit destillirtem Wasser gefülltes Kölbchen, aus dem eine Leitung in eine mit titrirter Barytlösung gefüllte Vorlage führte. Aus dem Gasometer wurde nun durch das System so lange Sauerstoff geleitet, bis vermuthlich alle Luft, die über dem Gemisch aus Blut und Chylus stand, verdrängt war. Darauf wurde der Cylinder, nachdem die Quetschhähne angelegt waren, aus seiner Verbindung gelöst und eine Stunde lang auf der Maschine geschüttelt, wobei das Blut dunkelroth ward. Alsdann wurde der Cylinder wieder an seine ursprüngliche Stelle in den Apparat zurückgebracht und von neuem durchgeleitet. Dieses Ausschalten und Schütteln des Cylinders ward noch mehrmals wiederholt, wobei sich das Blut allmählig schwarzroth färbte. Trotzdem entstand in der vorgelegten Barytlösung beim Durchleiten von Sauerstoff nur ein so minimaler Barytniederschlag, dass dieser aus einer Verdrängung der schon ursprünglich im Blute vorhandenen CO_2 abgeleitet werden konnte. Obwohl somit meine Vermuthung beseitigt scheint, so ist damit noch immer die Erscheinung nicht erklärt. Möglicherweise geht die Zerlegung nach einer ganz anderen Richtung hin. Ob dieses der Fall, war mir leider bei meiner beschränkten Zeit zu untersuchen unmöglich.

Herrn Dr. *Drechsel* drücke ich dafür, dass er mir bei der Ausführung der chemischen Analysen freundlichst zur Seite stand meinen herzlichsten Dank aus.

F. Zöllner, *Ueber ein einfaches Ocularspectroskop für Sterne.*

Die beistehende Figur zeigt in natürlicher Grösse den Durchschnitt einer compendiösen Form eines Stern-Spectroskopes in Verbindung mit dem Oculare eines beliebigen Fernrohres.



Das Spectroskop besteht aus einem kleinen Prisma mit gerader Durchsicht, welches in einer Hülse *CD* befestigt ist und dessen Zerstreuung ungefähr äquivalent dem Prismensysteme eines *Browning*'schen Miniaturspectroskopes ist. Die Hülse *CD* ist in einer zweiten Hülse *AB* beweglich, welche auf den Ocularkopf geschraubt werden kann und eine Cylinderlinse *L* von ungefähr 100 Millimeter Brennweite enthält. Da die Länge der durch diese Linse erzeugten Lichtlinie ausser von ihrer Brennweite auch von den Dimensionen und Verhältnissen der optischen Theile des Fernrohres abhängt, so ist es zweckmässig, mehrere Cylinderlinsen von verschiedener Brennweite vorräthig zu haben, um sie je nach der gewünschten Länge der Lichtlinie und somit der Breite des Spectrums in Anwendung bringen zu können.

O_1 und O_2 sind die beiden Linsen des Oculars und gehören daher nicht mehr zum Spectroskop.

Soll mit diesem Instrumente das Spectrum eines Sternes beobachtet werden, so wird zunächst die Hülse *CD* mit dem Prisma entfernt, und das Ocular so eingestellt, dass dem in *O* befindlichen Auge eine scharfe Lichtlinie erscheint. Es ist bei dieser Einstellung wesentlich, dass sich das Auge ungefähr in

derselben Entfernung von der Linse *L* befinde, wie bei Anwendung des Prisma's. Hierauf wird die Hülse *CD* so eingesetzt, dass die brechende Kante des Prisma's, wie gewöhnlich, parallel der Lichtlinie liegt und somit das Spectrum seine grösste Breite erhält. Selbstverständlich braucht für ein gegebenes Fernrohr die erwähnte passende Einstellung nur einmal ermittelt zu werden, so dass alsdann durch eine kleine Schraube *S* das Prisma in unveränderlicher Lage zur Cylinderlinse *L* befestigt werden kann. Das Prisma ist von Hrn. *Merz* in München angefertigt, und wird von ihm in dieser compendiösen Form vorzugsweise für Mikroskope benutzt.

Die Lichtstärke dieses Ocularspectroskopes ist so bedeutend, dass dasselbe bereits in Verbindung mit einem kleinen Reisefernrohr von nur 35 Millimeter Objectivöffnung und ungefähr 400 Millimeter Brennweite die Linien von Sternen erster Grösse, wie Wega, Arctur, α Orionis und selbst α Herculis bei entsprechender Beschaffenheit der Luft deutlich zeigt, wie sich u. A. im Laufe des vergangenen Jahres bei Gelegenheit ihres Besuches in Leipzig die Herren Prof. *Winnecke* und Dr. *Vogel* überzeugt haben. Besonders schön ist das Spectrum der Venus, wenn sie als schmale Sichel erscheint.

Obschon sich nach den bekannten, von *Browning, Vogel* u. A. angewandten Methoden sehr leicht eine Scala mit diesem Instrumente verbinden lässt, so dürfte sich dasselbe auch ohne eine solche besonders zu systematischen Massenbeobachtungen von Fixsternspectren empfehlen, bei denen es sich vorzugsweise um Ermittelung der typischen Beschaffenheit der Spectra handelt. Da die wesentlichen Unterschiede dieser Typen wahrscheinlich nur von der Temperatur und Masse jener glühenden Himmelskörper abhängen, und nach den bisherigen Untersuchungen *Secchi*'s u. A. jene Typen in einer gewissen Beziehung zur räumlichen Vertheilung der Sterne am Himmel stehen, so dürften derartig systematisch unternommene Massenbeobachtungen in Zukunft von hoher Bedeutung für die Fortschritte der Astrophysik werden.

Ich erlaube mir schliesslich die Bemerkung, dass die beschriebene Combination bereits auf der letzten Versammlung der astronomischen Gesellschaft im September 1873 zu Hamburg von mir erläutert und vorgezeigt worden ist.

SITZUNG AM 8. MAI.

H. Kolbe, *Ueber eine neue Darstellungsmethode und einige bemerkenswerthe Eigenschaften der Salicylsäure.*

Im Jahre 1860 habe ich in Gemeinschaft mit *Lautemann* im Verlauf einer ausführlichen Untersuchung über die Salicylsäure[1]) als Derivat derselben die Salylsäure entdeckt und als eine mit der Benzoësäure isomere Säure bezeichnet. Später ist die Isomerie dieser beiden Verbindungen von *Reichenbach* und *Beilstein*[2]) in Zweifel gezogen, und die Identität derselben nachzuweisen gesucht. Ich habe den von diesen beiden Chemikern beigebrachten Thatsachen mein Ohr nicht verschliessen zu dürfen geglaubt und denselben Gewicht genug beigelegt, um die Richtigkeit der von *Lautemann* und mir aus unseren Beobachtungen gezogenen Schlüsse eine Zeitlang selbst wieder in Zweifel zu ziehen[3]).

Bald nachher ist auf Grund der von *Kekulé* aufgestellten Hypothese über die chemische Constitution des Benzols, überhaupt die Möglichkeit der Existenz einer mit der Benzoësäure isomeren anderen Säure bestritten worden, und gegenwärtig steht bei den Anhängern der *Kekulé*'schen sog. Kettentheorie der Glaube an die Unmöglichkeit zweier Benzoësäuren so fest, dass sie zugeben, *Kekulé*'s ganze weitausgebildete und jetzt von der grossen Mehrzahl der Chemiker angenommene Hypothese von der chemischen Constitution der aromatischen Verbindungen

---

1) Ann. Chem. Pharm. **115**, 156 ff.

2) Daselbst **132**, 309 ff.

3) *Kolbe*, Das chemische Laboratorium der Universität Marburg 1865, S. 174.

falle zusammen und werde unhaltbar, sobald eine mit der Benzoësäure isomere Säure, welche zu ihr etwa in ähnlicher Beziehung steht, wie die Isobernsteinsäure zur Bernsteinsäure, entdeckt, und wenn die Verschiedenheit unzweizelhaft dargethan wird.

Es ist desshalb im gegenwärtigen Augenblicke die endgültige Entscheidung der Frage, ob die Salylsäure mit der Benzoësäure identisch oder isomer sei, von Wichtigkeit und weitgehenden Folgen. Aus diesem Grunde allein schon entschloss ich mich vor beinahe Jahresfrist, meine und *Lautemann*'s frühere Arbeit über die Salylsäure wieder aufzunehmen. Welches Resultat dabei auch herausspringt, dasselbe behält immer eine Bedeutung. Gelingt es, die Verschiedenheit der Benzoësäure und Salylsäure zu beweisen, so hat das den Umsturz der jetzt herrschenden Ansichten über die Constitution des Benzols, der Benzoësäure und der aromatischen Verbindungen überhaupt zur Folge, erweisen sich aber beide als identisch, so ist damit für diejenigen, welche die Richtigkeit der sog. Kettentheorie bezweifeln, wenigstens kein Argument verloren.

Ich würde mich dieser voraussichtlich difficilen Aufgabe vielleicht mit weniger Lust unterzogen haben, wenn ich selbst nicht überzeugt wäre von der Existenz oder der Möglichkeit der Existenz zweier isomerer Benzoësäuren in dem Sinne, wie ich mich in einer früheren Abhandlung »über die chemische Constitution der organischen Kohlenwasserstoffe«[1]) über die wahrscheinliche Existenz zweier isomerer Phenole ausgesprochen habe. Es kommt hinzu, dass die Thatsachen, welche *Reichenbach* und *Beilstein* für die Identität der Benzoësäure und Salylsäure angeführt haben, nach reiflicher Erwägung mir jetzt doch nicht mehr so beweisend zu sein scheinen, als ich zuerst vermeinte.

Wenn ich jetzt, beinahe ein Jahr nachdem ich den Entschluss fasste, jene Versuche aufzunehmen, noch nicht im Stande bin, über die Natur der Salylsäure eine Mittheilung zu machen, so ist der Grund davon der, dass ich anfangs Schwierigkeit hatte, die grosse Menge dazu nöthigen Materials, nämlich der Salicylsäure, mir ohne zu grosse Kosten zu verschaffen.

Das käufliche Gaultheriaöl, dessen Procentgehalt an salicyl-

---

1) Das chemische Laboratorium der Universität Leipzig und die seit 1866 darin ausgeführten chemischen Untersuchungen, S. 152 ff.

saurem Methyläther sehr schwankend und in neuerer Zeit daran entschieden ärmer ist, als früher, ist zu kostbar, um sich damit viele Pfunde von Salicylsäure zu bereiten, und ich war desshalb darauf bedacht, zu versuchen, ob die früher von *Lautemann* und mir beschriebene Methode, Salicylsäure künstlich aus Phenol und Kohlensäure unter Mitwirkung des Natriums darzustellen, sich nicht vereinfachen oder vervollkommnen und damit eine billigere Salicylsäure gewinnen liesse.

Es ist mir in der That gelungen, nach diesem Verfahren erhebliche Mengen Salicylsäure darzustellen und, im Vergleich mit den früheren Ergebnissen, so viel mehr davon zu gewinnen, dass die so dargestellte Salicylsäure bei den gegenwärtigen Preisen des Natriums nicht theurer zu stehen kommt, als die mittelst Gaulteriaöl gewonnene Säure.

Bei diesen mannigfach variirten Versuchen nahm ich wiederholt mit Befremden wahr, dass unter gleichen Verhältnissen und bei scheinbar gleichem Operationsgange die Ausbeute an Salicylsäure bald beträchtlich gross, bald gering ausfiel. Ich machte es mir zur Aufgabe, den Grund dieser auffallenden, mir lange Zeit unerklärlichen Wahrnehmung zu erforschen.

Nach monatelangem Suchen ist es mir endlich gelungen, nicht bloss den Schlüssel zu diesem Räthsel zu finden, sondern damit zugleich den Faden zu gewinnen, welcher mich zur Auffindung einer ganz neuen, ebenso einfachen als ergiebigen Methode zur Darstellung der Salicylsäure hingeleitet hat.

Beim Auflösen von Natrium in heissem Phenol im trocknen Kohlensäurestrome entsteht neben salicylsaurem Natron stets mehr oder weniger kohlensaures Natron und Natrium-Phenol, und ich nahm wahr, dass je reicher das Gesammtprodukt an salicylsaurem Salz ist, es desto weniger von den beiden letzten Verbindungen enthält. Ich machte die weitere Beobachtung, dass ein Produkt, welches sich besonders reich an Natrium-Phenol und verhältnissmässig arm an salicylsaurem Natron erwies, als ich es unter stärkerem Erhitzen aufs Neue mit Kohlensäure behandelte, eine auffallend reiche Ausbeute an Salicylsäure lieferte,

Das veranlasste mich, die früher von *Lautemann* und mir angestellten Versuche, Salicylsäure aus Natrium-Phenol und Kohlensäure darzustellen, wobei wir damals nur ganz wenig Salicylsäure gewonnen hatten, wieder aufzunehmen, und den Bedingungen nachzugehen, unter denen eben diese Methode

erfolgreich sein möchte. Es ist mir nach vielen Versuchen gelungen, diese Bedingungen aufzufinden, und eben diese Methode einerseits so zu vervollkommnen und anderseits so zu vereinfachen, dass man aus Natrium-Phenol und Kohlensäure ohne Schwierigkeit und mit geringem Kosten-Aufwande die theoretisch berechnete Menge Salicylsäure gewinnt.

Ich habe mir zu diesem Zwecke einen kleinen Apparat, eine eiserne Retorte, construirt, in welcher ich aus jenem Material binnen 12 Stunden mit Leichtigkeit und ohne dass der Verlauf des Processes vieler Aufmerksamkeit bedarf, mir 8 bis 10 Pfund Salicylsäure bereite.

Die wesentlichste Bedingung für die vollständige Vereinigung der Kohlensäure mit dem richtig bereiteten Natrium-Phenol und zur Umwandlung dieser Materialien in salicylsaures Natron ist: Innehaltung der richtigen Temperatur. — Ich habe gelernt, dass Natrium-Phenol bei 100° von Kohlensäure zwar verändert wird, dass aber hierbei Salicylsäure nicht entsteht. Auch erhielt ich Nichts davon, als ich die jenes Salz enthaltende Retorte in mit Kochsalz gesättigtes siedendes Wasser eintauchte, und also bei circa 108° Kohlensäure darauf einwirken liess.

Die Reaction, wodurch Salicylsäure entsteht, beginnt erst bei ungefähr 120°; sie vollzieht sich am raschesten und vollständigsten bei circa 170—180°. Die Kohlensäure wird bei dieser Temperatur von dem dieselbe gut ertragenden Natrium-Phenol so vollständig absorbirt, dass bei nicht zu raschem Gasstrom Nichts davon aus dem Retortenhalse austritt.

Das Verfahren zur Darstellung von Salicylsäure, bei welchem ich zuletzt stehen geblieben bin, und wonach ich mir von dieser Säure zu meinen künftigen Untersuchungen schon einen halben Centner selbst bereitet habe, ist folgendes:

Man löst in der käuflichen starken rohen Natronlauge von ermitteltem Natrongehalt so viel krystallisirtes zuvor geschmolzenes Phenol auf, dass das Natron und Phenol sich grade absättigen, dampft dann die Lösung in einem flachen eisernen Gefässe ein, und erhitzt die resultirende zuerst zähe teigige Masse bei gelindem Feuer unter beständigem Durchkrücken derselben, zuletzt unter Zerreiben mit einem schweren Pistell bis zur staubigen Trockne. Dieses trockne Produkt ist Natrium-Phenol oder Phenolnatrium, wie Andere es zu nennen vorziehen. Dasselbe hat stets eine röthlich gelbe Farbe, wohl in Folge partieller Veränderung wäh-

rend des Eindampfens durch den Sauerstoff der Luft, ist sehr hygroscopisch und muss, da ein feuchtes Natrium-Phenol schlechte Ausbeute an Salicylsäure giebt, noch heiss in gut verschliessbare Gefässe gebracht und darin bis zur Verwendung, vor feuchter Luft geschützt, aufbewahrt werden. Nimmt man beim Vermischen von Phenol und Natronlauge von dem einen oder andern mehr, als gleiche Moleküle, so hat das Natrium-Phenol nicht nur ein verschiedenes Ansehen (bei Anwendung von überschüssigem Phenol wird es dunkelbraun), sondern liefert auch sehr viel weniger Salicylsäure.

Das so bereitete röthlich gelbe trockne Natrium-Phenol wird in einer metallenen Retorte im Oel-, Metall- oder Luftbad langsam erhitzt, bis dasselbe durch und durch die Temperatur von ohngefähr 170° erreicht hat, worauf man trockne Kohlensäure einleitet.

Sehr interessant, und ganz anders, als ich vermuthete, ist der Verlauf dieses Processes der Salicylsäurebildung. Ich hatte erwartet, es würde ein Molekül Kohlensäure sich in ein Molekül Natrium-Phenol einschieben und es würden so aus diesen beiden Molekülen geradeauf ein Molekül salicylsaures Natron entstehen, im Sinne folgender Gleichung:

$$\underbrace{C_6\,H_5\,O\,Na}_{\text{Natriumphenol}} + COO = \underbrace{C_6\,H_5\,O\,COO\,Na}_{\text{salicyls. Natron}}$$

Allein der Process verläuft anders, wie schon die Wahrnehmung andeutet, welche ich mir anfangs nicht erklären konnte, dass bei der Einwirkung von Kohlensäure auf hinreichend stark erhitztes Natrium-Phenol eine reichliche Menge eines schnell krystallisirenden Phenols, und, wovon ich mich später überzeugte, genau die Hälfte des zur Bereitung von dem Natrium-Phenol verbrauchten Phenols abdestillirt.

Der nach beendeter Operation, d. h. wenn von dem unter fortwährendem Einleiten von Kohlensäure schliesslich auf 250° erhitzten Retorteninhalt kein Phenol mehr abdestillirt, bleibende Rückstand ist bei gut geleiteter Operation von graulich weisser Farbe, er besteht aus natriumsalicylsaurem Natron, dem sog. basisch salicylsaurem Natron.

Jener Process verläuft demnach im Sinne etwa folgender Gleichung:

$$\underbrace{\left.\begin{matrix} C_6\,H_5\,O\,Na \\ C_6\,H_5\,O\,Na \end{matrix}\right\}}_{\text{2 Mol. Natrium-phenol}} + CO_2 = \underbrace{C_6 \left|\begin{matrix} H_4 \\ Na \end{matrix}\right| O\,COO\,Na}_{\text{Natriumsalicyls. Natron}} + \underbrace{C_6\,H_5\,O\,H}_{\text{Phenol}}$$

Es findet also in zwei Molekülen Natrium-Phenol unter Einwirkung der Kohlensäure ein Austausch von Wasserstoff und Natrium in der Weise statt, dass einerseits Phenol, anderseits Dinatrium-Phenol resultirt, welches letztere dann mit Kohlensäure sofort zu natriumsalicylsaurem Natron sich verbindet.

$$\underbrace{\left.\begin{matrix} C_6\,H_5\,O\,Na \\ C_6\,H_5\,O\,Na \end{matrix}\right\}}_{\text{2 Mol. Natrium-Phenol}} = \underbrace{C_6\,H_5\,O\,H}_{\text{Phenol}} + \underbrace{C_6 \left|\begin{matrix} H_4 \\ Na \end{matrix}\right| O\,Na}_{\text{Dinatrium-Phenol}}$$

Beim Einleiten von Kohlensäure in das über 120° erhitzte Natrium-Phenol tritt stets eine Temperatur-Erhöhung ein. Das gebildete natriumsalicylsaure Natron ist im auffallenden Gegensatz zu dem viel leichter zersetzbaren neutralem salicylsauren Salz so beständig, dass es eine Temperatur von 300° verträgt, ohne sich zu zerlegen.

Dasselbe ist in Wasser sehr leicht löslich. Auf Zusatz von Salzsäure zu dieser Lösung gesteht das Ganze zu einem dicken Brei von ausgeschiedener Salicylsäure. Derselben sind bei richtig geleiteter Operation nur Spuren von Phenol beigemischt. Das dicke Magma wird auf einen leinenen Spitzbeutel gebracht und zuletzt durch Pressen daraus die Mutterlauge möglichst entfernt. Durch Umkrystallisiren aus heissem Wasser erhält man die Salicylsäure fast rein, doch behält sie immer einen Stich ins Gelbliche. Wenn es sich darum handelt, dieselbe schneeweiss und absolut rein zu bekommen, so ist der beste Weg der, dass man sie nach den bekannten Methoden mit Methylalkohol oder Aethylalkohol ätherificirt, die reinen Aether durch Kochen mit Natronlauge zerlegt, und das Natronsalz mit Salzsäure fällt. Es ist kaum nöthig, die gefällte schneeweisse Salicylsäure, wenn sie mit Wasser gut ausgewaschen ist, nochmals umzukrystallisiren, um sie vollends zu reinigen.

Es liegt nahe zu vermuthen, dass gleich dem Natrium-Phenol auch die entsprechenden Phenolverbindungen, welche Kalium, Calcium, Barium enthalten, beim Erhitzen im Kohlensäurestrom Salicylsäure liefern. Ich habe das vom Calcium- und Barium-

Phenol bestätigt gefunden, wennschon die Ausbeute, wohl in Folge der geringeren Stabilität dieser beiden Verbindungen, bedeutend geringer ist, als bei Anwendung von Natrium-Phenol.

Ich hielt es hiernach für zweifellos, ja für ganz selbstverständlich, dass Kalium-Phenol mit Kohlensäure ebenfalls Salicylsäure geben würde. Um so mehr war ich überrascht, wahrzunehmen, dass, als ich trocknes Kalium-Phenol, aus Kalilauge und Phenol dargestellt, unter Erhitzen der Einwirkung trockner Kohlensäure aussetzte, das Produkt beim Uebergiessen mit Salzsäure zwar auch eine krystallisirende Verbindung ausschied, dass diese aber nicht Salicylsäure war, oder nur wenig davon beigemengt enthielt, wie ein Blick durch das Mikroscop gleich erkennen lässt. Ich überzeugte mich, dass hier die mit der Salicylsäure isomere Paraoxybenzoësäure entstanden war, welche vor 11 Jahren *C. Saytzeff* und *G. Fischer* von einander ganz unabhängig und aus ganz verschiedenen Materialien im Marburger Laboratorium unter meinen Augen zuerst darstellten. Obschon seit jener Zeit Krystallisationen von Paraoxybenzoësäure mir nicht wieder zu Gesicht gekommen sind, so erinnerte ich mich doch ihrer Krystallformen noch deutlich genug, um jenes Produkt sofort als Paraoxybenzoësäure zu erkennen, welche Vermuthung durch genauere chemische Prüfung und durch die Analyse Bestätigung erhalten hat.

Die kleinen rhombischen Tafeln, in denen die Paraoxybenzoësäure aus wässriger Lösung krystallisirt, enthalten nach *Saytzeff's* und *Fischer's* Beobachtungen 1 Molekül Krystallwasser, welches leicht bei 100^0 und, wie ich mich überzeugt habe, schnell auch im Exsiccator über Schwefelsäure fortgeht.

Die Analyse der aus Natrium-Phenol und Kohlensäure erhaltenen Paraoxybenzoësäure hatte folgendes Ergebniss.

2,4705 Gr. lufttrockner Säure verloren bei 108^0 0,2895 Gr. = 11,7% H_2O (ber. 11,5 %).

1,376 Gr. lufttrockner Säure verloren nach 24stündigem Stehen im Exsiccator über Schwefelsäure 0,160 Gr. = 11,6% H_2O (ber. 11,5%).

0,2876 Gr. entwässerter Säure gaben 0,117 Gr. Wasser und 0,6425 Gr. CO_2 = 4,5% H (ber. 4,3) und 60,9% C (ber. 60,9).

Jene sehr bemerkenswerthe Bildung von Paraoxybenzoësäure aus Kalium-Phenol führt von selbst auf die Idee, dass das Phenol unter denselben Umständen, wo es mit Natrium und

Kohlensäure Salicylsäure giebt, bei Behandlung mit Kalium und Kohlensäure Paraoxybenzoësäure liefern werde. Der Versuch hat die Vermuthung bestätigt, wie vor Kurzem bereits im Journal für praktische Chemie [2], 8, 336 von mir mitgetheilt ist.

Mag man Phenol und Kalium oder Kalium-Phenol mit Kohlensäure behandeln, immer erhält man die Paraoxybenzoësäure mit Salicylsäure verunreinigt. Ich habe mich durch Versuche überzeugt, dass nicht nur das käufliche Kalihydrat, welches zur Darstellung des Kalium-Phenols diente, sondern auch das käufliche Kalium stets Natronhydrat resp. Natrium beigemengt enthält. Ich zweifle nicht, dass diese Verunreinigung die Bildung von Salicylsäure verursacht. Ich glaube gefunden zu haben, dass je Natrium- oder Kalk-haltiger das zur Bereitung der Paraoxybenzoësäure benutzte Material ist, diese nacher desto reicher an Salicylsäure wird.

Um aus dem Gemisch der beiden Säuren reine Paraoxybenzoësäure zu gewinnen, kann man die grössere Menge Salicylsäure durch Vermischen der wässrigen Lösung ihrer Kalksalze mit Kalkmilch in Form von schwer löslichem sog. basisch-salicylsaurem Kalk entfernen. Vollkommen gelingt die Trennung, wie bereits an der vorhin citirten Stelle angegeben ist, durch Ausziehen des zuvor bei 100° getrockneten Säuregemisches mit warmem Chloroform, welches die Salicylsäure leicht, von der Paraoxybenzoësäure aber nur wenig aufnimmt.

Auf die wichtige Frage, wie es zu erklären sei, dass das Phenol mit Kalium Paraoxybenzoësäure, mit Natrium dagegen Salicylsäure erzeugt, lässt sich zwar eine Antwort geben; aber dieselbe fusst vorerst nur auf einer blossen Vermuthung.

Wenn bei Einwirkung von Kohlensäure auf heisses Natrium-Phenol oder Kalium-Phenol in erster Linie neben Phenol Dinatrium-Phenol oder Dikalium-Phenol entstehen, so kann man annehmen, dass es verschiedene d. h. im Phenol verschieden fungirende Wasserstoffatome sind, welche in die letztgenannten beiden Verbindungen durch das zweite Atom Natrium resp. Kalium substituirt werden. Durch Hinzutritt von einem Molekül Kohlensäureanhydrid zu dem natürlich dann auch verschieden fungirenden einen Natrium- und Kaliumatom müssen folgerecht verschiedenartige Produkte, die Salze von Salicylsäure und Paraoxybenzoësäure, entstehen.

Ueber die räumliche Lagerung der Elemente in jenen bei-

den Säuren, wie auch in der dritten isomeren Verbindung, der Oxybenzoësäure ein Bild zu entwerfen, überlasse ich den Strukturchemikern, welchen ich zudem auf ihrem Wege nicht zu folgen vermag. Ich will aber nicht unterlassen, von meinem Standpunkte aus d. h. mit Festhalten an der alten, zwar unmodern gewordenen, sicher aber bald wieder zu Ehren kommenden Radikaltheorie eine Ansicht über die chemische Constitution jener drei Säuren auszusprechen, welche sowohl die Bildungsweisen wie das gesammte chemische Verhalten derselben, wie auch die Isomerie selbst befriedigend erklärt.

Ich glaube mich mit der Mehrzahl der Chemiker in Einverständniss zu befinden, wenn ich das Phenol als ein Oxydhydrat d. h. als eine Verbindung auffasse, worin das Sauerstoffatom die die Gruppe $C_6 H_5$ und H zusammenfügende Copula bildet, und seine Zusammensetzung durch die Formel $C_6 H_5 O H$ ausdrücke. Dass das Phenol ungeachtet dieser Aehnlichkeit in der Zusammensetzung mit den Alkoholen die charakteristischen Eigenschaften, wenigstens der primären Alkohole nicht besitzt, dass Oxydationsmittel daraus weder ein Aldehyd noch eine Säure erzeugen, welche zu ihm in gleicher Beziehung steht wie die Essigsäure zum Aethylalkohol, erklärt sich leicht aus der ganz verschiedenen Constitution des Phenylradikals und der Radikale der normalen wirklichen Alkohole.

Ich halte bezüglich dieser Frage ganz und gar an den Ansichten fest, welche ich vor 6 Jahren in einem Aufsatze »über die chemische Constitution der organischen Kohlenwasserstoffe«, der sich in meiner 1872 erschienenen Schrift »Das chemische Laboratorium der Universität Leipzig und die darin ausgeführten chemischen Untersuchungen« Seite 159 ff. über die chemische Constitution des Benzols, Phenols und des Radikals-Phenyl niedergelegt habe, und betrachte auf Grund späterer Erfahrungen die Salicylsäure und die Paraoxybenzoësäure als ein Phenol, in dessen Phenylradikal Carboxyd COOH für je ein Atom Wasserstoff eingetreten ist, welche substituirte Wasserstoffatome aber in beiden nicht die nämlichen sind. Ich drücke diese Vorstellung von der Constitution der beiden Säuren und von der Beziehung derselben zum Phenol als carboxylirte Phenole, durch die Formel: $C_6 \left| \begin{matrix} H_4 \\ COOH \end{matrix} \right| O H$ aus, und erkläre mir die Isomerie derselben im Sinne folgender beiden Formeln:

$$\left.\begin{array}{r} CH \\ CH \\ CH \\ H, COOH \end{array}\right\} C_3 .\ O.\ H \qquad \left.\begin{array}{r} CH \\ CH \\ C,\ COOH \\ HH \end{array}\right\} C_3 .\ O.\ H.$$

d. h. die eine der beiden Säuren ist Phenol, welches eins der beiden selbständigen Wasserstoffatome des Phenyls durch Carboxyl substituirt enthält, die andere dagegen Phenol, in dessen Phenylradikal Carboxyl die Stelle des Wasserstoffs von einem der drei Methine: CH einnimmt.

Beide Säuren haben mit der Malonsäure und Isobernsteinsäure das gemein, dass alle je ein Carboxylatom an Stelle von Wasserstoff innerhalb der Radikale enthalten, jene beiden im Phenyl, die Malonsäure im Methyl, die Isobernsteinsäure im Aethyl, sie theilen sämmtlich die Eigenschaft, beim Erhitzen ein Molekül Kohlensäureanhydrid auszugeben, und in die primären Verbindungen zurückzugehen, die Salicylsäure und Paraoxybenzoësäure in Phenol, die Malonsäure in Essigsäure und die Isobernsteinsäure in Propionsäure, wie folgende Gleichungen veranschaulichen:

$$\underbrace{C_6 \left| \begin{array}{c} H_4 \\ COOH \end{array} \right| OH}_{\substack{\text{Salicylsäure} \\ \text{Paraoxybenzoës.}}} = CO_2 + \underbrace{C_6\ H_5\ O.\ H}_{\text{Phenol}}$$

$$\underbrace{C \left| \begin{array}{c} H_2 \\ COOH \end{array} \right| COOH}_{\text{Malonsäure}} = CO_2 + \underbrace{CH_3\ COOH}_{\text{Essigsäure}}$$

$$\underbrace{C_2 \left| \begin{array}{c} H_4 \\ COOH \end{array} \right| COOH}_{\text{Isobernsteinsäure}} = CO_2 + \underbrace{C_2\ H_5\ COOH}_{\text{Propionsäure}}$$

Die dritte isomere Verbindung die Oxybenzoësäure, welche das Carboxyl nicht wie die beiden andern im Phenylradikal enthält, und deshalb auch viel beständiger ist, dürfte als Ameisensäure aufzufassen sein, welche an Stelle des Wasserstoffatoms Oxyphenyl enthält, wie folgende Formel symbolisch ausdrücken soll:

$$C_6 \left| \begin{array}{c} H_4 \\ HO \end{array} \right| COOH \text{ — Oxybenzoësäure}$$

Wenn es gelingt, die Oxybenzoësäure aus Phenol und Kohlensäure auf ähnlichem Wege darzustellen, wie daraus

Salicylsäure und Paraoxybenzoësäure entstehen, so wird natürlich der Process anders verlaufen, und zwar so, dass an Stelle des Wasserstoffatoms im Phenyl, welches jedesmal substituirt wird, nicht ein Atom Carboxyl sondern die im Phenol noch enthaltene Gruppe OH tritt, während das Carboxyl mit diesem Oxyphenyl zu Oxyphenylkohlensäure oder Oxyphenylameisensäure, wie man die Oxybenzoësäure auch nennen kann, zusammentritt.

Nachdem ich mich durch Versuche davon überzeugt habe, dass Magnesium und Aluminium im Kohlensäurestrom auf heisses Phenol gar nicht einwirken, werde ich in der Kürze noch prüfen, ob Thallium-Phenol und Lithium-Phenol durch Vermischen der Oxydhydrate mit Phenol und Eindampfen erhalten, mit Kohlensäure etwa Oxybenzoësäure liefern.

Es hat mich lange keine Wahrnehmung so überrascht wie jene, dass Natrium-Phenol mit Kohlensäure Salicylsäure, dagegen Kalium-Phenol damit Paraoxybenzoësäure erzeugen, während man meist gewöhnt ist, die Kali- und Natron-Verbindungen als ebenbürtig zu betrachten. Jenes verschiedene Verhalten erinnert, worauf Prof. *Benecke* in Marburg mich aufmerksam machte, als wir uns über diesen Gegenstand unlängst unterhielten, an die gänzlich verschiedene Funktion, welche Kali und Natron im thierischen Organismus wie auch für die Ernährung der Pflanzen haben. In dieser Richtung bietet sich dem Chemiker noch ein weites gewiss ergiebiges Feld zu neuen Forschungen dar.

Die speciellen physikalischen und chemischen Eigenschaften der Salicylsäure sind sorgfältig studirt und im Allgemeinen gut bekannt, weniger oder eigentlich fast noch gar nicht sind die physiologischen Wirkungen derselben untersucht. Die einzige in dieser Richtung bekannt gewordene Thatsache ist die vor einer Reihe von Jahren von *Bertagnini* mitgetheilte Beobachtung, dass Salicylsäure in grösseren Dosen (6 Gramm in zwei Tagen) gegeben, Ohrensausen bewirkt, und dass sie beim Durchgange durch den Körper zum Theil in Salicylursäure übergeht, während ein anderer Theil sich unverändert in dem Urin vorfindet. — Nach Versuchen, welche im hiesigen Hospital angestellt sind, ist die Salicylsäure, wenn davon 0,3 Gr. innerlich

genommen sind, schon nach 2 Stunden und noch nach 20 Stunden im Harn nachweisbar.

Die Erfahrung, dass die Salicylsäure sich aus Carbolsäure und Kohlensäure leicht zusammensetzen lässt, und die bekannte Eigenschaft derselben, sich beim Erhitzen über den Siedepunkt in Carbolsäure und Kohlensäure zu spalten, liessen mich vermuthen, dass die Salicylsäure ähnlich der Carbolsäure Gährungs- und Fäulnissprocesse aufhält oder ganz verhindert, und dass sie überhaupt antiseptisch wirkt.

In dieser Richtung, theils von mir selbst, theils vom Prof. *Thiersch* hierselbst angestellte Versuche haben zu merkwürdigen Ergebnissen geführt, durch welche meine Vermuthung von den antiseptischen Eigenschaften der Salicylsäure eine überraschende Bestätigung erfahren hat.

Ich beschränke mich darauf, über jene Versuche hier vorerst kurz zu referiren, und werde später einen detaillirten mit Zahlen belegten Bericht nachfolgen lassen.

Um zu sehen, ob die Salicylsäure die Wirkung verschiedener Fermente zu vernichten oder aufzuhalten im Stande sei, habe ich zunächst Amygdalin in Wasser aufgelöst, dieser Lösung eine kleine Menge Salicylsäure beigemischt und nach gehörigem Durchmischen eine Emulsion von süssen Mandeln hinzugefügt. Nach Verlauf einer Viertelstunde, wo eine zweite Mischung von Mandelemulsion und Amygdalin, die keine Salicylsäure beigemischt enthielt, längst stark nach Bittermandelöl roch, war bei jener Salicylsäure-haltigen Mischung nicht der mindeste Geruch nach Bittermandelöl wahrzunehmen.

Ist der Zusatz von Salicylsäure sehr gering, so kommt der Bittermandelölgeruch nach einigen Stunden zum Vorschein, ist aber die Menge von Salicylsäure etwas beträchtlicher, jedoch immer noch minimal, so ist selbst nach 24 Stunden kein Geruch entstanden.

Senfmehl, welches mit lauwarmem Wasser nach wenigen Augenblicken einen starken Geruch nach Senföl erzeugt, giebt mit Wasser eine geruchlose Mischung, wenn demselben zuvor ganz wenig Salicylsäure beigemischt war.

Wird eine Lösung von Traubenzucker mit wenig Salicylsäure (höchstens ein Tausendstel) vermischt, so übt Hefe hernach keine Wirkung mehr darauf aus, und bereits in Gährung be-

griffene Zuckerlösung hört auf zu gähren, wenn man kleine Mengen Salicylsäure hinzufügt.

Dr. *von Meyer*, mit welchem ich diese Versuche zusammen ausführe, hat darüber Folgendes notirt. Vier Glasgefässe, deren jedes mehr als 1 Liter Zuckerlösung enthielt, wurden mehrere Tage und Nächte nach einander constant auf der Gährungstemperatur erhalten. Der Zuckerlösung in den Gefässen a und b wurde keine Salicylsäure beigemischt, sondern nur Hefe. Im Gefässe c war vor dem Eintragen der Hefe die Gährungsflüssigkeit mit 0,18 Gr. und in d mit 1 Gr. Salicylsäure versetzt.

Der Inhalt der Gefässe a und b gerieth gleich am ersten Tage in volle Gährung, der von c gleichfalls aber in schwächerem Grade. In d war keine Spur von Gasentwickelung wahrnehmbar, die Flüssigkeit klärte sich darin allmählich vollständig. Die der Zuckerlösung in c zugefügte Menge (0,18 Gr.) Salicylsäure war also zu gering, um die Gährung zu verhindern. Es wurden derselben deshalb am dritten Tage noch 0,2 Gr. Salicylsäure hinzugefügt, wornach die Gährung vollständig aufhörte.

Am fünften Tage war die Gährung in den Gefässen a und b (welche von vorn herein gar keine Salicylsäure erhalten hatten) schwach, ging jedoch noch fort. Es wurden der Mischung in b jetzt 0,4 Gr. Salicylsäure zugefügt. Dies hatte zur Folge, dass am sechsten Tage die Flüssigkeit in b zwar noch trüb aber ohne Pilzdecke war, während auf der Flüssigkeit in a eine solche in üppigster Weise vegetirte.

Wir setzen jene und ähnliche Versuche fort, und prüfen zunächst, welchen Einfluss die Salicylsäure auf den Verlauf der Milchsäure- und Buttersäure-Gährung übt, und ob, wie zu vermuthen ist, die Salicylsäure auch die Wirkung der Diastase auf Stärkelösung aufhebt.

Von hellem Leipziger Bier vorzüglicher Qualität wurden in mehreren weiten Bechergläsern, hernach mit Papier lose bedeckt, je 1000 Gr. vertheilt, und 14 Tage lang bei einer zwischen 20° und 24° C. schwankenden Temperatur hingestellt. Jene Menge Bier wurde im einen Gefäss mit 0,2 Gr., im zweiten mit 0,4 Gr., im dritten mit 0,8 Gr., im vierten mit 1,2 Gr. pulveriger Salicylsäure versetzt und durchmengt. In einem andern Glas blieb das Bier unvermischt. Dieses letztere fing schon am Ende des zweiten Tages an zu verderben und sich mit einer Pilzdecke zu überziehen. Im Gefäss mit 0,2 Gr. Salicylsäure begann

die Pilzvegetation am dritten Tage, in dem Bier mit 0,4 Gr. Salicylsäure am fünften Tage, mit 0,8 Gr. am zehnten Tage und die 1000 Gr. Bier, welchen 1,2 Gr. Salicylsäure zugesetzt war, zeigten selbst nach 12 Tagen noch keine Pilzbildung. Selbstverständlich war das Bier in dem offenen Gefässe sauer geworden. Ein Tausendstel Salicylsäure, dem Biere beigemischt, genügt also, dasselbe vor dem Verderben durch Pilzbildung zu schützen.

Wir haben uns sodann noch durch einen Versuch davon überzeugt, dass frische reine Kuhmilch, mit 0,04 Procent Salicylsäure vermischt und bei einer Temperatur von 18° in einem offenen Gefässe stehen gelassen, 36 Stunden später gerinnt, als die daneben gestellte gleiche Menge Milch, die keine Salicylsäure enthielt. Zusatz von etwas mehr Salicylsäure verzögert das Sauerwerden und Gerinnen noch länger. Die Milch bleibt wohlschmeckend; die kleine Beimengung von Salicylsäure ist durch den Geschmack durchaus nicht wahrzunehmen.

Frisch gelassener Harn wurde in zwei Theile getheilt und in gesonderten Gefässen mehrere Tage hingestellt, nachdem der einen Hälfte wenig Salicylsäure zugesetzt war. Dieser Harn war am dritten Tage noch klar und frei von Ammoniakgeruch, während die unvermengte Probe längst in Fäulniss übergegangen war und starken Geruch verbreitete.

Frisches Fleisch, mit Salicylsäure eingerieben, hält sich an der Luft wochenlang ohne zu faulen. Ich habe eben eine grössere Menge frisches Ochsen- und Hammelfleisch, mit Salicylsäure präparirt, in einem bedeckten grossen Topfe fest zusammengelegt, um dasselbe nach Ablauf zunächst eines Monats auf seine Brauchbarkeit in der Küche, und auf seinen Geschmack zu prüfen. Die Salicylsäure lässt sich vor dem Gebrauch durch Abwaschen grösstentheils wieder entfernen. Der zurückbleibende Antheil Salicylsäure wird, da sie einen nicht unangenehmen schwach süsslichen Geschmack besitzt, hernach schwerlich durch den Geschmack wahrgenommen werden können.

Wenn diese Versuche ein günstiges Resultat geben, so verspricht die Salicylsäure ein Mittel zu werden, welches es ermöglicht, dass ein Theil der Fleischmengen, welche jetzt in Fray-Bentos auf *Liebig*'schen Fleischextrakt verarbeitet werden, aus Südamerika zu geringem Kostenpreis in wohl erhaltenem und schmackhaftem Zustande mit geringen Kosten uns zugeführt wird.

Noch sei hier bemerkt, dass ich im Monat März und April frisch gelegte Hühnereier in eine wässrige Lösung von Salicylsäure, welche von letzterer noch einen Theil suspendirt enthielt, eingelegt, und darin etwa eine Stunde habe liegen lassen; nachdem sie an der Luft wieder trocken geworden waren, sind sie in eine mit Häcksel gefüllte Kiste gelegt. In eine zweite Kiste wurde jedesmal an demselben Tage ein ebenfalls frisches Ei, ohne mit Salicylsäure imprägnirt zu sein, eingelegt. Nach Ablauf von 6, 9 und 12 Monaten wird sich herausstellen, ob die mit Salicylsäure behandelten Eier noch geniessbar sind, vielleicht gar noch wie frische Eier schmecken. Ich werde das Ergebniss dieser Versuche seiner Zeit veröffentlichen.

Ueber die antiseptischen Wirkungen der Salicylsäure und speciell über die Verwendung derselben für chirurgische Zwecke hat Prof. *Thiersch* in der chirurgischen Abtheilung des hiesigen Hospitals angefangen Versuche anzustellen, welche bemerkenswerthe Resultate gegeben haben, worüber er mir am 7. Mai folgende Notiz hat zukommen lassen:

»Auf noch nicht gereinigten Quetschwunden und auf schorfenden Krebsflächen als Pulver für sich oder mit Stärkemehl vermischt aufgestreut, zerstört die Salicylsäure für längere Zeit die Fäulnissgerüche ohne nennenswerthe entzündliche Erscheinungen hervorzurufen.

»In Lösungen von 1 Thl. Salicylsäure, 3 Thl. phosphorsaurem Natron und 50 Thl. Wasser begünstigt sie die Ueberhäutung von Granulationsflächen.

»Ueber ihre Wirkung bei frischen Wunden liegen bis jetzt folgende Thatsachen vor: Während der Operation wird die Wunde unter einem Sprühnebel von Salicylsäure in Wasser (1 : 300) gehalten. Der Verband der Wunde bestand 1) in Wundwatte, mit Salicylsäure im krystallisirten Zustande imprägnirt. Die Watte wird mit Salicylsäure in Wasser (1 : 300) genetzt, eben so die Mullbinde, mit welcher die Watte festgehalten wird. Hinterher fortwährende Beträufelung des Verbandes mit Salicylsäurelösung (1 : 300), etwa 8 Tropfen in der Minute.

»Nach einer am 27. April vorgenommenen Oberschenkel-Amputation hatte Patient bei jener Behandlung keine Schmerzen, keine Geschwulst, kein Fieber. Die erste Erneuerung des Verbandes fand am sechsten Tage statt. Die Wunde war bis auf

einige kleine Stellen geschlossen. Das während dieser 6 Tage unter dem Verbande zurückgehaltene Wundsekret war geruchlos.

»Mit gleich günstigem Ergebniss wurde am 4. Mai eine Amputation des Oberarms und am 5. Mai Resektion des Oberarms ausgeführt. Wo Salicylsäure mit Wunden in Berührung ist, tritt sie alsbald in grosser Menge im Harn auf.

»Die bisherigen Erfahrungen berechtigen zu der Hoffnung, dass Salicylsäure die guten Wirkungen ohne die unangenehmen der Carbolsäure hat.«

Ausführlichere Berichte über die Verwendung der Salicylsäure bei chirurgischen Fällen wird Prof. *Thiersch* demnächst in einer medicinischen Zeitschrift veröffentlichen.

Die bemerkenswerthe Eigenschaft der Salicylsäure, die Pilzbildung zu verhindern, und die Fermente unwirksam, unschädlich zu machen, lässt mich vermuthen, dass sie für gewisse Krankheiten auch in den Arzneischatz Aufnahme finden wird. Es ist gewiss der Mühe werth zu versuchen, welche Wirkungen kleinere oder grössere Dosen von Salicylsäure, bei den ersten Anzeichen ausbrechender Cholera dem Patienten innerlich gegeben oder durch Klystiere applicirt, auf den Verlauf der Krankheit ausüben.

Dr. E. Fleischl. *Von der Lymphe und den Lymphgefässen der Leber.* Aus dem physiologischen Institute zu Leipzig. Vorgelegt von dem wirklichen Mitgliede *C. Ludwig.*

Mit 1 Tafel in Steindruck.

I. Wenn man am lebenden Hunde kurze Zeit nach der Unterbindung des ductus choledochus die Lymphgefässe blosslegt, welche aus der porta hepatis in die cisterna chyli gehen, so bemerkt man sogleich, dass der sonst farblose Inhalt jener Gefässe gelblich tingirt ist. Diese Thatsache, welche mir Herr Professor *Ludwig* zu zeigen die Güte hatte, bildete den Ausgangspunkt der folgenden Untersuchung.

Die Vermuthung, dass die gelbe Farbe, welche die Leberlymphe zeigte, von beigemengter Galle herrühre, wurde durch den Versuch bestätigt. Einige Tropfen dieser Flüssigkeit gaben mit Salpetersäure auf das ausgeprägteste die *Gmelin*'sche Reaction auf Gallenfarbstoff. Um zu entscheiden, ob sie auch mit Gallensäure beladen sei, dazu genügten natürlich die geringen Mengen nicht, die ich mit der Pipette aus den geschwollenen Lymphgefässen entnommen hatte. Um die hierzu nöthigen Volumina zu gewinnen, boten sich zwei Wege: man konnte die Lymphe unmittelbar in der Nähe der Leber oder aus dem ductus thoracicus auffangen. Dem ersteren Unternehmen stellen sich grosse, keineswegs jedoch unüberwindliche Schwierigkeiten entgegen, wenn man darauf verzichtet, die Lymphe vor den Drüsen zu nehmen, welche sich zwischen die Leber und die Cisterna einschieben. Unmittelbar am Uebergang der Gefässe in den grossen Lymphbehälter gelingt es, eine Canüle einzubinden; aber aus ihr ist die Leberlymphe nicht rein zu gewinnen, da sich in den Drüsen, welche die portalen Lymphgefässe aufnehmen, der Lymphe aus der Leber auch die des Darmes beimischt. — Zudem würde man an diesem Orte nur einen Bruchtheil der Leberlymphe erhalten, da die Leber, wie ich im Verlaufe dieser Abhandlung zeigen

werde, auch neben der vena hepatica starke Lymphgefässe aussendet. — Endlich würde man zu fürchten haben, dass der Strom des Blutes, die Absonderung der Lymphe und der Galle wesentlich gestört würden, wenn man am lebenden Thiere so lange die Unterleibshöhle eröffnet hielte, wie es für die in das Auge gefasste Lymphgewinnung nöthig wäre.

So sprechen alle Gründe für die andere Art, zu der ich mich denn auch wendete. Einem grossen curarisirten Hunde wurde durch eine kleine Wunde in der linea alba der ductus choledochus zugebunden, und die Wunde vernäht. Hierauf wurde der ductus thoracicus am Halse aufgesucht und in denselben unmittelbar vor seinem Eintritt in die Vene eine Canüle eingesetzt. So gelingt es meist, in wenigen Stunden eine genügende Quantität Lymphe (100 bis 200 Ccm.) aufzufangen. War diese gewonnen, so wurde der Hund — etwa 5 Stunden nach dem Beginn des Versuches — aus beiden Carotiden verblutet. Aus diesem Blute wurde durch Anwendung der Centrifugalkraft ein vollkommen klares Serum abgeschieden.

Die Lymphe gerinnt gewöhnlich unmittelbar nachdem sie aufgefangen ist zu einer durchscheinenden gelblichen Gallerte. Wird dieselbe mit einem Pistill tüchtig abgearbeitet, so sammelt sich das Fibrin zu einer kleinen Flocke an letzterem und die abgepresste Flüssigkeit kann abgegossen werden. Die Fibrinflocke färbt sich an der Luft schnell arteriell roth. Die Flüssigkeit gestockt mitunter noch ein zweites mal zu einer sehr dünnen und beweglichen Gallerte, aus welcher dann auf die eben angegebene Weise abermals ein Fibrinflöckchen abzuscheiden ist. Das schliesslich erhaltene Lymphserum wird nunmehr gleichzeitig und nach derselben Methode wie das Blutserum folgendermaassen behandelt. Zunächst wird das Serumalbumin durch Zusatz von Alkohol, oder durch Kochen und Ansäuern mit Essigsäure niedergeschlagen. Das Filtrat wird mit basisch essigsaurem Bleioxyd ausgefällt, wobei ein beträchtlicher Ueberschuss des Bleisalzes zu vermeiden ist. Der Niederschlag wird auf ein Filter gebracht und nun vollkommen ausgewaschen, d. i. so lange bis eine Probe des Waschwassers keinen Niederschlag mehr giebt, wenn man ihr einen Tropfen Schwefelammonium zusetzt. Diese Vorsicht ist aus Gründen, welche später erörtert werden sollen, unbedingt nothwendig. Dann wurde der Niederschlag mit heisser verdünnter Natronlauge ausgezogen, das Filtrat mit Koh-

lensäure gesättigt, eingedampft, mit absolutem Alkohol ausgezogen, abermals zur Trockne abgedampft und mit absolutem Alkohol extrahirt, wobei Spuren kohlensauren Natrons zurückblieben; nun wurde die alkoholische Lösung mit Aether geschüttelt und dann ruhig hingestellt. War taurocholsaures Natron in dem untersuchten Serum, so setzte sich dasselbe in kleinen Krystallen ab. War der Bleiessig nicht vollständig ausgewaschen worden, so ging essigsaures Natron beim Extrahiren mit heisser Natronlauge in Lösung über und dieses Salz theilt mit den gallensauren Natronsalzen die Eigenschaft, in absolutem Alkohol löslich zu sein und aus dieser Lösung durch Aether ausgefällt zu werden. Stellt man dann auch mit dem letzten Niederschlag die *Pettenkofer*'sche Reaction an, so kann diese ein positives Resultat ergeben, selbst wenn der Niederschlag nur zum kleinsten Theile aus gallensaurem, zum grösseren Theile hingegen aus essigsaurem Natron besteht.

Nun haben die Analysen ergeben, dass jedesmal, wenn die Versuchsbedingungen wirklich erfüllt waren, die Lymphe eine beträchtliche Menge von Gallensäuren enthielt, das Blut jedoch nicht eine Spur davon. Genaue Zahlenangaben sollen nicht gemacht werden, weil eine Controlanalyse, die mit einer abgewogenen Menge von gallensaurem Natron, aufgelöst in Lymphe, angestellt wurde, die geschilderte Methode als zu quantitativen Angaben nicht berechtigend erwiesen hat. Doch kann folgende Angabe eine ungefähre Vorstellung von der Menge der auf diese Weise in die Lymphe gelangenden Gallensäure geben. Während einiger Stunden wurden 150 Gramme Lymphe von einem Hunde erhalten, dessen Gallengang zugebunden war. Der alkoholische Extract aus dieser Lymphe füllte die Hälfte eines grossen Probirgläschens, die andere Hälfte wurde mit Aether gefüllt; der Niederschlag füllte nach tagelangem Absitzen das ganze untere Drittel des Probirgläschens und jede Spur desselben gab eine sehr starke *Pettenkofer*'sche Reaction.

Von einigen Versuchen abgesehen, welche deshalb kein Resultat ergaben, weil nur eine sehr geringe Quantität — wenige Gramme — Lymphe erhalten wurde, haben alle dasselbe Resultat geliefert. In einem Falle, wo ebenfalls nicht ganz 50 Gramme abgesondert wurden, war zwar in dieser die Anwesenheit von Gallensäure nicht zu verkennen, doch zeigte auch der aus dem Blutserum gewonnene Niederschlag eine

schwache *Pettenkofer*'sche Reaction. Die Section des betreffenden Hundes lehrte aber, dass sein Milchbrustgang sich am oberen Ende spaltete und mit zwei von einander gesonderten Aesten in die Vene mündete. In den einen dieser Aeste war die Canüle eingebunden, durch den anderen floss die Lymphe ungehindert in die Blutbahn ab. Wahrscheinlich jedoch wählte der grösste Antheil der Lymphe den Weg durch die Canüle, welcher fast gar keine Widerstände bot, so dass nur eine unbeträchtliche Quantität der Gallenbestandtheile in's Blut gelangte. Ferner ist noch zu bemerken, dass in denjenigen Fällen, in welchen keine Lymphe aus der eingebundenen Canüle abfloss, wegen nicht zu beseitigender Gerinnungen oder aus sonst irgend einer Ursache das ganze Lymphgefässsystem des Thieres sich bei der Section prall mit Lymphe gefüllt zeigte, das Blut jedoch keine Spur von Gallensäure enthielt. Diese Versuche begründen den folgenden Satz:

Die Galle tritt, wenn ihre natürlichen Durchflusswege verstopft sind, in die Lymphbahnen der Leber, und von da ausschliesslich durch den ductus thoracicus in das Blut über. Ist ausser dem Gallengang auch noch der Milchbrustgang unterbunden, so gelangt die Galle entweder gar nicht oder nur spurweise in das Blut.

II. In diesen physiologischen Erfahrungen lag für mich die Aufforderung, nachzusehen, durch welche anatomische Einrichtung der Leber der Uebertritt der Galle in die Lymphgefässe begünstigt wird. Eine auf dieses Ziel gerichtete Untersuchung konnte selbstverständlich nur dann mit der Hoffnung auf einen Erfolg begonnen werden, wenn es gelungen war, neue Methoden zu finden, durch welche die in Betracht kommenden Einrichtungen der Leber vollkommener, als es bisher möglich, darzustellen waren. Unter dem Aufsuchen derselben ist die Zeit verstrichen, welche mir für diesmal zu Gebote stand, so dass die folgenden Mittheilungen nur zum kleinsten Theile die auf unsere Frage bezüglichen Structuren beschreiben; sie sind wesentlich der Darstellung einiger Hülfsmittel gewidmet, welche in Zukunft für die Anatomie der Leber nützlich zu werden versprechen.

1. Seit lange ist es bekannt, dass eine wässerige Flüssigkeit, welche in die Gallengänge eingetrieben wurde, in die Lymphbahnen übergeht. Diese Thatsache giebt eine Hoffnung,

die Wege von den Gallen- zu den Lymphgefässen unmittelbar darzustellen, wenn es gelingt, bei der Injection alle Diffusionen auszuschliessen und die Bahnen, auf welchen der Uebertritt geschah, so zu fixiren, dass sie der mikroskopischen Untersuchung zugänglich werden können. — Bevor ich die Mittel erwähne, durch welche ich jene Forderungen erfüllt zu haben glaube, bemerke ich, dass alle Injectionen der Gallengänge an der Leber des Kaninchens ausgeführt wurden, weil sich an dieser sicherer als an der des Hundes die Gallencapillaren darstellen lassen. Die Einspritzungen begannen vor dem Eintritt der Leber in die Todtenstarre, sie erstreckten sich aber häufig über den Beginn derselben hinaus. Der Druck, unter welchem injicirt wurde, war von jedesmal bekannter Grösse.

Die Injectionsmassen, welche zur Anwendung kamen, bestanden aus Auflösungen von Harzen in Terpentinöl oder in Chloroform. — Zunächst griff ich zu einer Auflösung von Alkannin in Terpentinöl, deren sich schon *Asp* bedient hat. Diese Lösung ist äusserst leichtflüssig, obwohl sie innerhalb eines mit Wasser durchtränkten Gewebes nur in Folge eines Druckunterschiedes fortschreitet; Fette, die sie auf ihrem Wege trifft, durchtränkt sie dagegen rasch und färbt dieselben tiefroth. Nach dem Abdunsten des flüchtigen Oeles hinterlässt das käufliche Alkannin einen geringen Körper, so dass die Wege, welche die flüssige Masse eingeschlagen hat, schliesslich nur an der rothen Farbe erkannt werden können. Hierdurch sind aber, weil die Leberzellen Fette zu enthalten pflegen, Veranlassungen zu mancherlei Fehlern gegeben. Um die Masse brauchbarer zu machen, versuchte ich einen Zusatz von Colophonium. Nach den gewonnenen Erfahrungen erwies sich jedoch dieses Mittel als wenig empfehlenswerth. Die Masse trocknet innerhalb flüssiger Härtungsmittel langsam oder gar nicht, so dass sie beim Schneiden der Präparate die Oberfläche derselben beschmutzt. Trotz mannichfacher Nachtheile ist das unvermischte alkanninhaltige Terpentinöl sehr nützlich, weil sich mit Hülfe desselben darlegen lässt, dass sich bei einem Druck von 25 Mm. Hg. der Uebergang der Flüssigkeit aus den Gallencapillaren durch die Leberzellen hindurch in die Lymphgefässe derart bewerkstelligen lässt, dass ausser den genannten Bestandtheilen kein anderer eine rothe Färbung annimmt.

Mannichfache Vorzüge vor dem oben genannten Injections-

mittel gewährt eine filtrirte Lösung von Asphalt in Chloroform. Sie hinterlässt nach dem Verdunsten des Chloroforms einen zusammenhängenden Rückstand, so dass sich nach vorgängiger Härtung des Organs feine Schnitte anfertigen und diese mit aufhellenden Mitteln aller Art behandeln lassen. Zur Darstellung der Gallencapillaren und insbesondere zur Darlegung des Uebergangs derselben in die gröberen Gänge eignet sich, soweit mir bekannt, keine Masse besser, als diese. Auch diese Lösung gelangt aus den Gallencapillaren durch die Leberzellen hindurch in die Lymphgefässe; hierzu ist jedoch mindestens ein Druck von 30 Mm. Hg. nöthig. Durch diesen höheren Druck werden aber unzweifelhaft Zerreissungen herbeigeführt, wie daraus hervorgeht, dass sich oft die schwarze Farbe auch einen Weg in die Blutcapillaren bahnt. Immerhin glaube ich künftigen Beobachtungen versprechen zu dürfen, dass es bei einer sorgfältigen Regulirung des Druckes und der Lösungsdichtigkeit gelingen werde, die Lymphgefässe von den Gallengängen aus zu injiciren, ohne dass ein Uebertritt der Masse auch in die Blutgefässe hinein stattfindet. Bei der Anwendung der Asphaltlösung ist es mir wiederholt gelungen, nicht blos die Stämme der Lymphgefässe neben der vena portarum, sondern auch die unter dem Bauchfellüberzug verbreiteten Lymphnetze zu füllen. Aus den mitgetheilten Versuchen mit harzigen Injectionsmassen geht hervor, dass die mit Wasser nicht mischbaren Flüssigkeiten sehr leicht in die Anfänge der Lymphgefässe hinüber dringen, vorausgesetzt dass dieselben aus den Gallencapillaren in die Leberzellen gelangt sind.

2. Während meiner Beschäftigung mit Harzinjectionen wurde ich darauf aufmerksam, dass die Lymphe auch noch auf einem anderen Wege als den bisher bekannten die Leber verlassen kann. In dem Bindegewebe, durch welches die stärkeren Aeste der vena hepatica an ihre Umgebung festgeheftet sind, laufen Lymphgefässe, die sich in die Stämmchen des Zwerchfells ergiessen. Nachdem ich einmal von der Anwesenheit dieser Stämmchen unterrichtet war, lag es nahe zu prüfen, ob man durch sie leichter zu den Lymphwurzeln der Leber gelangen könnte, als dieses von der Porta aus möglich ist. Nach mancherlei vergeblichen Bemühungen glaube ich ein Verfahren ermittelt zu haben, durch welches das angestrebte Ziel zu erreichen sein dürfte. Die Handgriffe, deren ich mich bediente, beginnen mit dem Auf-

suchen eines Stammes der Lebervene unmittelbar bevor derselbe in die Hohlvene ausmündet. An diesen Ort führt man unter den Bauchfellüberzug die Canüle einer Stechspritze und schickt aus dieser einige Tropfen flüssigen Berliner Blaus in das Bindegewebe. In der Regel füllt sich hierdurch ein Netzwerk von Gefässen, deren Zuflüsse aus der Leber hervortreten. Wenn dieses sichtbar geworden ist, so hat man augenblicklich die Einspritzung zu unterbrechen, weil sonst das Berliner Blau diffus im Bindegewebe gegen die Leber hin fortschreitet. Unter den Gefässen, welche das injicirte Netzwerk zusammensetzen, findet sich nun in der Regel eins, in dessen Lichtung eine feine Canüle einzuführen ist. Wenn dieses Letztere gelungen ist, so kann dieselbe dort festgebunden und durch sie unter gelindem Druck Injectionsmasse eingeführt werden. Auf diese Art ist es mir wiederholt gelungen, eine Lösung von Berliner Blau so weit in die Leber zu treiben, dass dasselbe in den Stämmen, welche die vena portarum begleiten, zum Vorschein kam. Da nirgends ein Extravasat sichtbar war und da, soweit wir wissen, die Abflusswege der Lymphe neben der vena hepatica mit derjenigen neben der vena portarum niemals durch gröbere Stämmchen in Verbindung stehen, so war es von vornherein wahrscheinlich, dass der Uebergang der blauen Flüssigkeit aus der einen in die andere Gattung von Stämmen auf capillarem Wege bewirkt war. In allen Fällen war dieses Letztere jedoch nur auf eine beschränkte Weise geschehen. Wo die blaue Farbe vorhanden, verfolgte sie die Blutgefässe, so dass unter dem Mikroskope Bilder zum Vorschein kommen, wie sie von *Mac Gillavry* dargestellt worden sind. Die mikroskopische Analyse wird zu entscheiden haben, ob sich die Farbe eine künstliche Strasse eröffnet hat, oder ob sie die normalen Lymphspalten ausfüllt.

Da das Bindegewebe die Lymphgefässe regelmässig begleitet und bei ihrer Entstehung aus den Gewebslücken betheiligt ist, so musste auch im Parenchym der Leber das Bindegewebe reichlicher als man bisher glaubte, vertreten sein, vorausgesetzt, dass in demselben die Lymphwurzeln zahlreich vorhanden waren. Ersteres ist nun wirklich der Fall, denn es schliesst sich dasselbe nicht blos den grossen Gefässstämmen an, sondern es erstreckt sich auch reichlicher in die Leberinseln hinein, als man bis dahin geglaubt hat.

3. Obwohl in den anatomischen Handbüchern des Binde-

gewebes Erwähnung geschieht, welches die vena hepatica umstrickt, so möge mir eine neue Beschreibung desselben gestattet sein, durch welche die Beschaffenheit desselben genauer dargelegt wird. Zur Darstellung derselben bediene ich mich zweier Methoden. Die erste derselben besteht darin, dass in die Lebervene eine wässerige Lösung von 1procentigem Chlorpalladium eingespritzt und darauf die Leber in einer concentrirten Lösung von doppelt chromsaurem Kali gehärtet wird. Aus dem gehärteten Organe lassen sich die Wandungen der Lebervene bis zu sehr feinen Aesten herab leicht ausschälen und mittelst eines Borstenpinsels unter Wasser von dem letzten Reste anhängender Leberzellen befreien. Wenn man ein Stück dieser Wand in einfacher Lage unter dem Mikroskop ausbreitet, so erhält man ein Bild, dessen Wiedergabe in Figur 1 versucht ist. Zunächst ins Auge fallen starke Stränge, die aus lockigen Fibrillen und eingesprengten Zellen gebildet und zu einem Netze geflochten sind, dessen Maschen kaum länger als breit sind. An den feineren Aesten aber schneiden sich die schmaler gewordenen Bindegewebsbündel unter spitzeren Winkeln, so dass nun der Längsdurchmesser der Maschen bedeutend grösser, als der Breitendurchmesser ausfällt. In die Maschenräume, welche von den stärkeren Faserzügen umrahmt werden, spinnt sich ein Netz von feinsten Fasern mit äusserst engen Maschen hinein; ein Verhalten, was in Figur 1 nur höchst unvollkommen wiedergegeben werden konnte. Auf diesem zweiten Netze sitzen Leberzellen fest angeheftet. Die beschriebenen Formen geben höchst wahrscheinlich Veranlassung zu den kugeligen Lücken, welche *Asp* [1]) in der Umgebung der Lebervene beschrieben und abgebildet hat. Ist dieses der Fall, so müssen von der Adventitia der Lebervene auch noch Bindegewebszüge zwischen die Reihen der Leberzellen hineinreichen. Hierüber erhält man durch die oben geschilderte Präparation keinen Aufschluss, weil die Bindegewebsfäden durch das Härten ausserordentlich brüchig werden; wohl aber sind sie auf andere Weise darstellbar. Man führe, um dieses zu erreichen, durch die vena hepatica so lange einen Strom von $^1/_2$procentiger Kochsalzlösung, bis die Flüssigkeit aus der vena portarum farblos abläuft. Nachdem das Salzwasser abgetropft ist, spritzt man in die vena hepatica

1) Diese Berichte 1873. p. 480 und Fig. 7.

eine verdünnte Lösung von salpetersaurem Silber. Diese letztere dringt nur bis in das Centrum einer Leberinsel vor, wahrscheinlich weil die innerhalb und ausserhalb der Capillaren gebildeten Niederschläge das Fortschreiten der Flüssigkeit verhindern. Durch das Silber werden also nur die Wände der vena hepatica und ihre nächsten Umgebungen in einen mässigen Härtegrad versetzt, während die übrige Lebermasse weich bleibt. Unter diesen Umständen hat es keine Schwierigkeit, die Lebervene bis in ihre feinsten Verzweigungen hinein in einem zusammenhängenden Baume herauszuheben, wenn man die Leber unter Wasser mit den Fingern zerdrückt und die Zellen mit Hülfe eines Borstenpinsels abspült. Breitet man ein mittelgrosses Aestchen dieses Baumes mit oder ohne vorgängige Färbung durch Carmin aus und betrachtet es bei 300facher Vergrösserung, so sieht man auch hier auf der äusseren Fläche der Wand das schon vorherbeschriebene Fasernetz, dessen feinere Anordnung nun aber bei weitem nicht mehr so deutlich hervortritt, als an dem durch Palladium und chromsaures Kali gesteiften Präparate. Von den Rändern der Wand erstrecken sich jetzt aber Theile, die man bei der ersten Präparationsweise nicht zu Gesicht bekam. Sie bestehen wiederum aus einem Netz feinerer und gröberer Fädchen, von denen jedoch die letztern überall weit zarter sind, als die stärkeren Bündel der tunica adventitia. In den Maschen dieses Netzes sitzen wiederum Leberzellen und an die gröberen Fäden schliessen sich Bindegewebszellen an. Die Figur 2 ist dazu bestimmt, dem Leser eine Vorstellung von der Gestalt des Netzes zu geben. Durch diesen Befund sind, wie mir scheint, die Fäden freier dargelegt, welche *Asp* von der äusseren Oberfläche der Venenwand zwischen die Zellenbalken hineinstrahlen sah. Ueber die genauere Anordnung des Netzes und sein Verhalten zu den Leberzellen geben die nach dieser Methode angefertigten Präparate jedoch keinen Aufschluss. Besser eignet sich hierzu ein anderes Verfahren, das ich umständlicher beschreiben werde.

Nachdem man die Gallengänge einer möglichst frischen Leber so weit als thunlich durch sanftes Streichen von ihrem Inhalte befreit hat, führt man in dieselben unter einem Drucke von 20 bis 25 Mm. Hg. etwa 15—20 Ccm. einer 1procentigen Lösung von Osmiumsäure ein. Ist dieses geschehen, so kann entweder die Injection als beendigt angesehen werden, oder man

kann unter dem vorerwähnten Druck noch flüssiges Berliner Blau nachschicken, bis die Farbe an den Grenzen der Inseln sichtbar geworden ist. Weiter als dorthin dringt sie überhaupt nicht vor. Nach dieser Zubereitung legt man die ganze Leber in eine concentrirte Lösung von doppelt chromsaurem Kali. Nachdem sie dort vier Tage lang verweilt und auf der Oberfläche hart geworden ist, schneidet man aus derselben feinste Stückchen heraus, begreiflich mit der Vorsicht, dass man vorher an den Stellen, durch welche die Schnitte gelegt werden sollen, den Bauchfellüberzug und die unmittelbar an ihm haftenden Leberzellen entfernt hat. Ein solches dünnes Schnittchen behandelt man unter Wasser, dem einige Tropfen von doppelt chromsaurer Kalilösung zugesetzt sind, auf einer untergelegten Korkplatte mit feinen Marderpinseln. Durch sehr anhaltendes und sanftes Betupfen mit dem zarten Pinsel gelingt es, ein äusserst feines Häutchen zu erhalten, auf dessen Beschreibung ich alsbald zurückkommen werde. Sollte es an diesem Tage auch der äussersten Sorgfalt nicht gelingen, ein zusammenhängendes Häutchen darzustellen, so muss man an jedem der drei bis vier folgenden Tage das Auspinseln wiederholen. Da indess auch die Härtung tiefer in das Innere der Leber fortgeschritten ist, so empfiehlt es sich jetzt, die Schnittchen aus den Theilen des Organes zu nehmen, welche in der Nähe der grösseren Gefässstämme liegen. Eine wesentliche Bedingung des Gelingens beruht auf der entsprechenden Härte der Leber. Ist dieselbe auf einen zu hohen Grad gediehen, so springen die in einer Insel vereinigten Leberzellen unter der Einwirkung des Pinsels als ein Ganzes heraus und es stellt dann das ausgepinselte Läppchen ein Netzwerk aus grossen polygonalen Maschen dar, die von den feinen Gallengängen, den Pfortaderzweigen und dem sie zusammenheftenden Bindegewebe umrahmt werden. Ist dagegen die Leber noch zu weich, so lassen sich die einzelnen Zellen nicht in kleine Stückchen zerbröckeln und darum nicht aus dem Stroma, in dem sie liegen, herausbefördern. Den günstigen Härtegrad erreichen nun keineswegs alle Lebern, so dass es mir trotz aller Sorgfalt und Uebung weitaus nicht an jeder Leber gelungen ist, das Netz vom Bindegewebe darzustellen, welches im Bereiche der Inseln vorkommt. Nicht wenige Male war es dagegen darstellbar.

Das Ansehen, welches das Bindegewebsnetz nach der beschriebenen Behandlungsweise gewährt, ist in den Figuren 3

und 4 wiedergegeben. Von diesen beiden Bildern ist das dritte unter der Tauchlinse, das vierte nach dreihundertfacher Vergrösserung gezeichnet. Da dasselbe aus netzförmigem Bindegewebe geflochten ist, so gleicht es dem äusseren Ueberzug der Lebervene, von dem es sich jedoch durch seine ganz ausserordentliche Zartheit unterscheidet. Diese ist so gross, dass die Bedeckung von dem geringsten Rest der zertrümmerten Leberzellen hinreicht, um es vollkommen unsichtbar zu machen.

In Anbetracht der Aehnlichkeit, welche das in den Figuren 3 und 4 gezeichnete Netz mit andern und namentlich mit dem Bindegewebe des Bauchfellüberzuges und der tunica adventitia der Lebervene darbietet, könnte der Verdacht entstehen, als ob unser Verfahren nichts anderes als eine mühseelige Darstellungsweise der zuletzt genannten Formen gewähre. Diese Annahme lässt sich jedoch leicht widerlegen. Der Bauchfellüberzug bleibt von vornherein ausser Frage, weil sich das hier in Betracht kommende Netz gerade aus den Abtheilungen der Leber am leichtesten darstellen lässt, welche von den oberen und unteren Flächen derselben am weitesten entfernt sind. Zudem ist das Bauchfell aus weit gröberen Fäden gewebt. — Gegen die Identität unseres Netzes mit dem der tunica adventitia spricht vor Allem der Umstand, dass das erstere auch auf Schnittchen zum Vorschein kommt, welche senkrecht gegen die Längsaxe der vena centralis gelegt wurden. Auf solchen Präparaten ist alsdann die vena centralis herausgeklopft, während die Zellenreihen, die unmittelbar an das Bindegewebe an der äusseren Umrandung der Leberzelle stossen, sich noch unverändert erhalten haben. Demgemäss kann es keinem Zweifel unterliegen, dass das von mir dargestellte Netz ein Bestandtheil der Insel selbst ist.

Jetzt bliebe zu erörtern, in welcher Beziehung das netzförmige Bindegewebe zu den übrigen Bestandtheilen der Leberinsel steht. An den Orten, an welchen es dargestellt ist, schliesst es sich den Leberzellen auf das Innigste und zwar in ähnlicher Weise, wie die Epithelialzellen des Peritonaeums und der Pleura dem unter ihnen liegenden Flechtwerke an; das Netz erscheint als ein Mittel, um Leberzellen in ihrer Lage zu erhalten. — Weit weniger klar ist sein Verhältniss zu den Capillaren der Leberinsel. Seiner grossen Ausbreitung entsprechend muss es nicht blos an die Leberzellen, sondern auch an die Blut-Capillaren hinanreichen. Man könnte darum geneigt

sein, in den feinen Fäden, welche wiederholt als tunica adventitia der Capillaren beschrieben worden sind, [1]) Theile des Netzes zu sehen. Ein positiver Beweis hierfür lässt sich leider nicht erbringen, weil es bisher unmöglich war, an demselben Präparate die Capillaren und das Netz zugleich darzustellen. Wenn die Leber noch weich genug ist, um aus ihr das Netz zu gewinnen, so gelingt das Gleiche zum mindesten nicht in deutlicher Weise mit den Capillaren, gleichgültig ob dieselben vorher injicirt oder leer waren. Wenn dagegen die Leber hart genug ist, um aus ihr das Capillarnetz unverfänglich herauszuschälen, so sieht man zwar häufig äusserst feine Fasern in den Lücken zwischen den Capillaren, aber diese sind weit sparsamer als in dem vollkommen isolirten Bindegewebsnetze. Die Entscheidung wird so lange vertagt werden müssen bis die Darstellung der Capillaren und des Fasergeflechtes mit gleicher Vollkommenheit an demselben Präparate gelungen ist. — Ebenso unbestimmt wie diese lautet die Auskunft über die Ausbreitung, welche dem Bindegewebsnetz innerhalb der Leber zukommt. Könnte man mit Sicherheit behaupten, dass es nur dort wo es darstellbar, vorhanden sei, so wäre ihm nur ein beschränktes Gebiet zuzuerkennen. Ein solcher Ausspruch dürfte aber sehr gewagt sein. Leicht kann man sich davon überzeugen, dass der künstlich herbeigeführte Aggregatzustand der Leber an den Erfolgen der Auspinselung jedenfalls zu weit betheiligt ist, um es zu gestatten, dass nach einer vergeblichen Bemühung die zähen und groblichen Massen der Leberzellen von dem zartesten Netze abzustäuben schon auf die Abwesenheit der letzteren zu schliessen sei. Zudem erhebt sich ein anderer Umstand gegen die Beweiskraft selbst häufiger Misserfolge. Von dem Flechtwerk welches die vena hepatica bis in ihre feinsten Aeste hinein umstrickt, strahlen überall Fäden in die Lebermasse, die sich zu einem Netze verschlingen, das mit dem ausgepinselten die grösste Aehnlichkeit besitzt; sind diese in der That die Anfänge der in den Inseln ausgepinselten Netze, dann wäre diesen eine sehr grosse Verbreitung eigen.

4. Aus feinen Schnittchen einer Leber, deren Gallenwege mit Osmiumsäure injicirt und die darauf kürzere Zeit in chromsaurem Kali gehärtet sind, holt der Pinsel öfter noch ein zartes

---

1) Henle, Handbuch der Anatomie, II. Band, 2. Aufl. 211.

Netz hervor, dessen Ansehen von dem bisher geschilderten durchaus abweicht. Während das frühere aus weichen lockigen Fäden geschlungen, gleicht dieses einem Gitter, das aus feinsten Drähten zusammengelöthet ist. Die Lücken, welche zwischen seinem Gerüste bleiben, sind von polygonarer Gestalt, und überall so gross, dass eine Leberzelle in ihnen Platz findet.

Wenn eine Auspinselung an einer Leber gelungen ist, deren Gallengänge hinter der Osmiumsäure her mit Berliner Blau erfüllt waren, so enthalten öfter einzelne Stäbchen des Gitters in ihrem Innern einen deutlichen Niederschlag aus blauen Körnchen, und immer lässt sich mit Leichtigkeit der Zusammenhang des freigelegten Netzwerks in das der Lebercapillaren hinein verfolgen, welches die unversehrten Leberzellen des Präparates zwischen sich fasst. Nach diesem Verhalten, welches in Fig. 4 (300 fache Vergrösserung) und in Fig. 5 (Tauchlinse) dargestellt ist, kann es keinem Zweifel unterliegen, dass die scheinbaren Stäbchen in der That Röhrchen sind, welche die unmittelbare Fortsetzung der Gallencapillaren bilden. Da somit die Gallencapillaren nach der Entfernung der Leberzellen und zwar oft auf weite Strecken hinaus (siehe Figur 4) stehen bleiben oder am Rande eines Zellenhaufens wie in Fig. 5 bei *g* frei hinausragen, so folgt hieraus dass die Gallencapillaren keineswegs Furchen zwischen den Leberzellen, sondern selbständige Gebilde sind, die ihre eigne Wand tragen. Allerdings ist hier der Einwurf zu berücksichtigen, dass jenes selbständige Gerüst durch eine Einwirkung der Osmiumsäure auf die mit ihr in unmittelbarer Berührung gelegenen Antheile der Zelle hervorgebracht sein könnte. Gewiss ist die Einwirkung der Osmiumsäure von den Gallencapillaren aus nach der Substanz der Leberzellen hin vorhanden; aber eben so gewiss stuft sich dieselbe in die Zelle hinein allmälig ab und darum ist die ungemeine Schärfe, mit welcher sich die frei stehende Gallencapillare gegen ihre Umgebung absetzt, schwer erklärlich ohne die Annahme einer vorgebildeten Wand. Jedenfalls wird unter dieser Voraussetzung die Beschaffenheit des Bildes am einfachsten erklärt. — Zu dem Bindegewebe steht das von mir als Wand der Gallencapillare gedeutete Gebilde in keiner nachweisbaren Beziehung. Dieses zeigt sich ebensowohl an den Präparaten, welche das Bindegewebsnetz besitzen, als an solchen denen es fehlt.

Sollte die allgemein verbreitete Anschauung, dass die

Wurzeln der Lymphgefässe mit dem Bindegewebe gegeben sind auch für die Leber giltig sein und sollte, wie man gegenwärtig annimmt, in der Leberzelle die Galle entstehn und von dort erst in die Gallencapillaren übergeführt werden, so würden sich nach meinen anatomischen Untersuchungen schon vom hydraulischen Gesichtspunkte aus der Erklärung der physiologischen Thatsache, von welcher ich ausging, grosse Schwierigkeiten entgegenstellen.

SITZUNG AM 29. JUNI.

Dr. Fr. Fuchs, *Versuch zur Bestimmung der Gesammtspannung und des Verlaufes der Spannung am freien Ende der abgeleiteten secundären Rolle.* Vorgelegt von dem wirklichen Mitgliede *G. Wiedemann.*

Sinsteden hat vor einer Reihe von Jahren nachgewiesen, dass das Goldblatt des Elektrometers durch die Spannungselektricität der secundären Spirale abgelenkt wird. Zu Maassbestimmungen der Induction ist das Instrument indessen bisheran noch nicht verwendet worden. Man wird daher hoffentlich dem vorliegenden Versuche eine gewisse Nachsicht nicht versagen.

In der Folge sollen zwei Bestimmungsmethoden beschrieben werden. Bei der ersten derselben — sie werde mit dem Buchstaben A bezeichnet — werden die bei offener Rolle entstehenden Anzeigen des Elektrometers denen des Multiplicators im geschlossenen Inductionskreise entsprechen.

Bei der zweiten (B-) Methode werden dagegen die Ausschläge mit denen des Elektrodynamometers vergleichbar sein.

Das in den folgenden Versuchen verwendete Elektrometer ist das von Prof. *Hankel* construirte und in den Abhandlungen der math.-phys. Classe der K. sächs. Gesellschaft der Wissenschaften Bd. 3 beschriebene Instrument. Die Ausschläge werden an dem Ocularmikrometer eines Mikroskops bei 70facher Vergrösserung abgelesen. Durch das in die Mitte eingestellte Goldblatt wird die Scala in eine positive und eine negative Hälfte von je 25 Theilstrichen geschieden. Statt der *Zamboni*'schen wird eine *Volta*'sche Säule von meist 100 Elementen aus Zink, Kupfer und destillirtem Wasser angewendet. Zur Umkehrung

des primären Stromes und zur Verbindung der Säule mit den Platten dienen die von Prof. *Hankel* angegebenen Stromwender mit isolirenden Stützen von Schellack. Der Schluss des primären Kreises erfolgt bei festgestellter Feder durch Einsetzen des Commutatorbügels in die Quecksilbernäpfe oder durch Eintauchen eines Metallstabes, meist von Eisen, in Quecksilber. Die Schlittenapparate sind stets mit Eisenstäben versehen, deren Zahl indessen zuweilen geändert wird.

Zur bequemen Angabe der Versuchsbedingungen sei mir der Gebrauch einiger Zeichen gestattet.

S 100, *S* 60: Die mit den Platten des Elektrometers verbundene Säule hat 100, 60 Elemente.

lNrP: Die linke Platte ist mit dem negativen, die rechte mit dem positiven Pole der Säule verbunden.

lPrN: Die umgekehrte Anordnung.

l 15, *r* 20 bezeichnet die relative Stellung der Platten zum Goldblatte in Theilen einer Scala, auf welcher der Fuss der Platten durch eine Mikrometerschraube verschiebbar ist.

l 15 *re*: bei einer Stellung der linken Platte bei 15 ist die rechte Platte soweit verschoben, dass das Goldblatt in der elektrischen Mitte steht. (Vgl. Seite 76.)

lt: linke Platte zur Erde abgeleitet.

rt: rechte Platte » » »

ltrt: beide Platten » » »

3 *Gr*: Im Stromkreise der primären Spirale drei *Grove*'sche Elemente.

σ 1, *σ* 2, *σ* 3: Zeichen für die angewendeten Du Bois-Reymondschen Schlittenapparate (9400, 10243, 4315 Windungen.)

A.

1. Bei der ersten (A) Methode sind die symmetrisch zum Goldblatte gestellten Platten mit den Polen der in der Mitte zur Erde abgeleiteten Säule vereinigt. Das eine Ende der secundären Spirale ist mit dem Knopfe des Goldblattes, das andere mit der Erde verbunden. Bei dieser Anordnung entsteht sowohl bei der Schliessung als bei der Oeffnung des primären Stromkreises ein rasch vorübergehender Ausschlag. Da die Endstellung des Goldblattes gewissermassen im Nachbilde beobachtet werden muss, so sind die dynamischen Ausschläge — man erlaube diese Bezeichnung — schwieriger genau zu bestimmen

als die gewöhnlich am Elektrometer beobachteten statischen Ablenkungen. Der Fehler in der Schätzung der Decimalen der Scalentheile kann daher leicht 0,2 betragen.

Der Schliessungs- und Oeffnungsausschlag haben entgegengesetzte Richtung; sie vertauschen dieselbe bei Umkehrung des primären Stromes. Die Schliessungsausschläge mögen mit *Sp* und *Sn*, die Oeffnungsausschläge mit *Oep* und *Oen* bezeichnet werden, je nachdem ihre Richtung positive oder negative Elektricität im Goldblatte anzeigt. Da die letztere durch die Indices *p* und *n* genügend characterisirt ist, so wird es in der Regel überflüssig sein, den Zahlen ein Vorzeichen beizugeben.

Die Ablesungen der Ausschläge sind stets mit einem aus der unrichtigen Schätzung der Decimalen und der Inconstanz der Bedingungen herstammenden Fehler behaftet. Eine Reihe von mittelgrossen unmittelbar nach einander bestimmten Ablenkungen zeigen durchgängig Unterschiede wie die folgenden

(*l* 15 *re*; *S* 100; *σ* 2; 3 *Gr.*)

	Sp	*Oen*	*Sn*	*Oep*
	10,05	10,7	10,7	10,0
	10,7	10,2	10,1	10,4
	10,4	10,2	10,1	10,4
	10,0	10,2	9,7	10,2
	10,4	10,2	10,05	10,25
Mittel	10,31	10,30	10,11	10,25

Um den Fehler möglichst zu reduciren wird in der Folge gewöhnlich das Mittel aus den absoluten Werthen von 10 bis 20 zur Hälfte positiven zur Hälfte negativen Ausschlägen genommen. Je zwei unter möglichst constanten Bedingungen erhaltene Mittelzahlen zeigen oft noch eine Differenz von etwa 0,2 eines Scalentheiles.

Häufig ist jedoch das Resultat in der ersten Decimale übereinstimmend. So waren z. B. in den ersten der Tabelle Nr. 3 angeführten Versuche die aus je 5 *Sp* und 5 *Oen* einerseits und aus je 5 *Sn* und 5 *Oep* andererseits gebildeten Mittelwerthe:

10,27	10,05	Diff. = 0,22;	10,30	10,18	Diff. = 0,22
20,29	20,19	Diff. = 0,10;	12,88	12,80	Diff. = 0,08
11,29	11,15	Diff. = 0,14;	24,41	24,36	Diff. = 0,05

2. Bei richtiger Disposition des Elektrometers ist der Schliessungsausschlag dem Oeffnungsausschlage an Grösse gleich.

Die bei der Schliessung und Oeffnung desselben Stromkreises entstehenden Inductionen haben das Gemeinsame, dass trotz des sehr verschiedenen Verlaufes die Zeitintegrale der elektromotorischen Kräfte in beiden Fällen gleichwerthig sind. Bedeuten Es und Eo die Spannungen der Elektricitäten, welche bei der Schliessung resp. der Oeffnung successive am freien Ende der abgeleiteten secundären Rolle auftreten, so ist, obwohl Es und Eo zwei sehr verschiedene Functionen der Zeit darstellen, doch stets, von dem Vorzeichen abgesehen, $\int_0^t Es \cdot dt = \int_0^t Eo \cdot dt$, wenn die Integration über den ganzen Zeitraum der Induction ausgedehnt wird. Hieraus geht ohne Weiteres hervor, dass die Ausschläge des Goldblattes bei einer gegebenen Disposition des Elektrometers lediglich durch das Zeitintegral der Spannungen bestimmt werden.

Gleichen Werthen des Zeitintegrales entsprechen gleiche Ausschläge. Es frägt sich nun weiter, ob zwischen beiden Grössen eine so einfache Relation besteht, dass sich das Elektrometer mit Vortheil zur Messung der Gesammtspannung verwenden lässt.

Der Versuch zeigte, dass die Ausschläge dem Zeitintegrale der Spannungen einfach proportional sind.

Die Grösse von $\int_0^t Edt$ steht in geradem Verhältnisse zu der Intensität des primären Stromes und damit zu dem Stromgefälle oder dem Spannungsunterschiede der Elektricität an den beiden Enden der primären Spirale. Mit dem letzteren müssen also, wenn die behauptete Proportionalität vorhanden ist, die durch Wirkung der Induction entstehenden Ausschläge in directem Verhältnisse zunehmen. Die Intensität des primären Stromes wurde successive durch Einschaltung von 1 bis 5 *Grove*'schen Elementen variirt. Bei jeder Anordnung wurden alsdann sowohl der genannte Spannungsunterschied als die correspondirenden Schliessungs- und Oeffnungsausschläge ermittelt. Zur Bestimmung des ersteren wurde das eine Ende der primären

Spirale mit der Erde, das andere mit dem Knopfe des Elektrometers verbunden. Durch Umlegung eines im primären Stromkreise befindlichen Commutators nahm das mit dem Goldblatte verbundene Ende abwechselnd positive und negative Elektricität an. Die Breite des so entstehenden statischen Ausschlages misst den in Rede stehenden Spannungsunterschied.[1]) In anderen Fällen wurde der Commutator nicht umgelegt, sondern einfach geschlossen. Die alsdann entstehenden statischen Ausschläge sind halb so gross wie die früheren.

Die dynamischen Ausschläge durch Wirkung der Induction wurden in der aus Nr. 1 bekannten Weise bestimmt. Die Spalte *E* der folgenden Tabelle gibt die Zahl der Elemente im primären Stromkreise, die Spalte *G* den Spannungsunterschied der primären Rolle, die Spalte *A* die correspondirenden Schliessungs- und Oeffnungsausschläge, die Spalte *B* die unter Voraussetzung der Proportionalität aus den Spannungsunterschieden berechneten Werthe von *A*, die Spalte Diff. die Differenz *A*—*B* an. *G* ist das Mittel aus meist 5, *A* aus meist 10 oder 16 Ausschlägen.

E	I. *l*30 *re*; *S*100; σ1.				II. *l*20 *re*; *S*100; σ1.				III. *l*20 *re*; *S*100; σ1.			
	G	*A*	*B*	Diff.	*G*	*A*	*B*	Diff.	*G*	*A*	*B*	Diff.
1	1,15	1,19	1,35	−0,16	3,0	3,17	3,32	−0,15	3,0	3,16	3,27	−0,1
2	2,29	2,66	2,68	−0,02	5,95	6,24	6,58	−0,34	5,77	6,2	6,3	−0,1
3	3,07	3,76	3,59	+0,17	8,0	9,20	8,85	+0,35	8,34	9,8	9,1	+0,7
4	4,56	5,22	5,33	−0,11	10,05	11,27	11,12	+0,15	11,0	12,2	12,0	+0,2
5	5,09	5,99	5,95	+0,04	12,1	13,23	13,38	−0,15	13,53	14,2	14,7	−0,5

E	IV. *l*10 *re*; *S*40; σ1.				V. *l*15 *re*; *S*60; σ1.				VI. *r*20 *le*; *S*100; σ1.			
	G	*A*	*B*	Diff.	*G*	*A*	*B*	Diff.	*G*	*A*	*B*	Diff.
1	3,77	3,87	4,15	−0,28	6,36	3,07	3,34	−0,27	5,27	2,70	2,83	−0,13
2	6,81	7,28	7,50	−0,22	13,46	6,92	7,08	−0,16	9,14	4,74	4,90	−0,16
3	9,68	10,61	10,66	−0,05	18,67	10,12	9,82	+0,30	11,72	6,66	6,28	+0,38
4	12,50	14,01	13,77	+0,24	23,31	12,19	12,26	−0,07	13,84	7,24	7,42	−0,18

1) Prof. *Hankel* hat durch äusserst sorgfältige Versuche die Proportionalität zwischen dem (statischen) Ausschlage und der Spannung resp. dem Spannungsunterschiede bewiesen. Von der Genauigkeit derselben habe ich mich oftmals überzeugen können.

E	VII. $l16\ re$; $S100$; $\sigma 1$.				VIII. $r20\ le$: $S100$; $\sigma 1+\sigma 2$.				IX. $l10\ re$; $S60$; $\sigma 1$.			
	G	A	B	Diff.	G	A	B	Diff.	G	A	B	Diff.
1	9,84	4,99	5,01	−0,02	5,14	2,64	2,85	−0,21	7,3	6,2	6,1	+0,1
2	14,52	7,16	7,40	+0,24	13,22	7,20	7,33	−0,13	15,2	18,0	12,8	+0,2
3									22,0	18,3	18,5	−0,2
4	21,71	11,23	11,06	+0,17	16,55	9,35	9,18	+0,17				

E	X. $l15\ r15$; $S100$; $\sigma 3$.				XI. $l15\ r15$; $S100$; $\sigma 3$.				XII. $l15\ r15$; $S100$; $\sigma 3$.			
	G	A	B	Diff.	G	A	B	Diff.	G	A	B	Diff.
1	11,05	1,09	1,02	+0,07	7,67	1,11	1,10	+0,01	10,55	1,49	1,53	−0,04
2	20,19	1,82	1,86	−0,06					23,49	3,43	3,41	+0,02
3	25,71	2,37	2,37	0,00	16,64	2,39	2,39	0,00				

Wie die Tabelle zeigt, sind die Differenzen zwischen den Zahlen der Spalte A und B im Allgemeinen nicht grösser als nach dem besprochenen Fehler der Bestimmungen zu erwarten ist. Eine starke Abweichung von der Proportionalität zeigen im Versuche III die Zahlen für 3 und 5 Elemente; doch sind auch hier die übrigen Unterschiede verhältnissmässig klein. Indessen erschienen in einigen anderen, nicht angeführten Versuchen ebenfalls noch Fehler von derselben Ordnung, so dass es wünschenswerth erschien, die Proportionalität noch in anderer Weise festzustellen.

3. Eine zweite einfachere Methode zeigte ebenfalls, dass die Ausschläge des Goldblattes dem Werthe von $\int_0^t E dt$ sehr nahe proportional sind. Zwei primäre Spiralen befinden sich in demselben Stromkreise. Nach einander wird eine jede der secundären Rollen in der bekannten Weise mit der Erde und dem Elektrometer vereinigt und der bei der Schliessung und Oeffnung entstehende Ausschlag bestimmt. Dann werden die secundären Spiralen hintereinander verbunden und die freien Enden in derselben Weise mit den Leitungen zur Erde und zum Elektrometer versehen. Ist die in Rede stehende Proportionalität vorhanden, so muss die jetzt entstehende Ablenkung der Summe der Ablenkungen der unverbundenen Spiralen gleich sein. Die folgende Tabelle enthält die Versuchsresultate. Die Zeichen $\sigma 1$ und $\sigma 2$ beziehen sich auf die Ausschläge der unverbundenen,

$\sigma 1 + \sigma 2$ auf die der hintereinander verbundenen Rollen. Die Zahlen unter *Sp* u. s. w. sind das Mittel aus (meist) 10 gleichnamigen, die unter *M* aus den absoluten Werthen von sämmtlichen positiven und negativen (meist 20) Ausschlägen derselben Reihe. Von IX an werden nur die letzteren Werthe angegeben. Die sich auf die Mittelzahlen *M* beziehende Spalte Diff. gibt den Unterschied zwischen den beobachteten und berechneten Zahlen $\sigma 1 + \sigma 2$ an. Beim Uebergange von einem Versuche zum anderen wurden die Bedingungen (Stellung der sec. Rollen, Elemente im prim. Stromkreise, Eisenstäbe, Stellung der Platten, Stärke der mit den Platten verbundenen Säule) mannigfaltig geändert.

Nr.		*Sp*	*Oen*	*Sn*	*Oep*	*M*	Diff.
I.	$\sigma 1$	10,38	10,17	10,10	10,0	10,16	
	$\sigma 2$	10,31	10,30	10,11	10,25	10,24	
	$\sigma 1 + \sigma 2$	20,23	20,25	20,16	20,22	20,22	− 0,18
II.	$\sigma 1$	13,0	12,76	12,68	12,92	12,88	
	$\sigma 2$	11,44	11,15	10,96	11,35	11,22	
	$\sigma 1 + \sigma 2$	24,25	24,58	24,08	24,65	24,38	+ 0,28

Nr.		*Sp*	*Oen*	*M*	Diff.
III.	$\sigma 1$	9,29	9,21	9,25	
	$\sigma 2$	9,56	9,92	9,74	
	$\sigma 1 + \sigma 2$	18,86	19,43	19,14	+ 0,15
IV.	$\sigma 1$	9,59	9,66	9,63	
	$\sigma 2$	7,71	7,90	7,81	
	$\sigma 1 + \sigma 2$	17,95	18,0	17,97	+ 0,53
V.	$\sigma 1$	7,45	7,38	7,42	
	$\sigma 2$	6,96	6,89	6,93	
	$\sigma 1 + \sigma 2$	14,19	14,31	14,25	− 0,10
VI.	$\sigma 1$	8,65	8,50	8,58	
	$\sigma 2$	5,61	5,75	5,68	
	$\sigma 1 + \sigma 2$	14,31	14,40	14,35	+ 0,09
VII.	$\sigma 1$	10,36	10,33	10,35	
	$\sigma 2$	10,78	11,13	10,96	
	$\sigma 1 + \sigma 2$	21,37	21,90	21,63	+ 0,32

Nr.		Sp	Oen	M	Diff.
VIII.	$\sigma 1$	6,31	6,10	6,21	
	$\sigma 2$	6,39	6,40	6,40	
	$\sigma 1 + \sigma 2$	12,82	12,93	12,88	+0,27

Nr.		M	Diff.
IX.	$\sigma 1$	6,64	
	$\sigma 2$	7,50	
	$\sigma 1 + \sigma 2$	14,55	+ 0,41
X.	$\sigma 1$	12,57	
	$\sigma 2$	5,04	
	$\sigma 1 + \sigma 2$	17,95	+ 0,34
XI.	$\sigma 1$	10,0	
	$\sigma 2$	10,17	
	$\sigma 1 + \sigma 2$	20,71	+ 0,54
XII.	$\sigma 1$	10,03	
	$\sigma 2$	10,49	
	$\sigma 1 + \sigma 2$	20,78	+ 0,26

Nr.		M	Diff.
XIII.	$\sigma 1$	10,44	
	$\sigma 2$	10,63	
	$\sigma 1 + \sigma 2$	20,97	− 0,10
XIV.	$\sigma 1$	10,41	
	$\sigma 2$	10,54	
	$\sigma 1 + \sigma 2$	21,28	+ 0,33
XV.	$\sigma 1$	10,14	
	$\sigma 2$	10,42	
	$\sigma 1 + \sigma 2$	20,63	+ 0,07

Wie die Tabelle zeigt, ist der Unterschied zwischen der beobachteten und der berechneten Summe $\sigma 1 + \sigma 2$ meistens nicht grösser als die Differenz der Mittelzahlen von unter möglichst identischen Bedingungen bestimmten Ausschlägen. Die grösste Abweichung findet sich in dem Versuche XI; hier ist 20,71 die beobachtete, 20,17 die berechnete Summe; der Unterschied ist also $+ 0,54$. Eine derartige grössere Abweichung rührt ohne Zweifel von der Inconstanz der Bedingungen her. Es ist jedoch bemerkenswerth, dass die Differenz in den 15 Versuchen 12mal positiv ist. Daher ist anzunehmen, dass die Ausschläge um ein Weniges schneller wachsen, als der einfachen Proportionalität mit dem Werthe von $\int_0^t Edt$ entspricht.

Es besteht mithin sehr annähernd die Relation

1) $$A = k \int_0^t E \cdot dt$$

oder

2) $$A = k \cdot c \cdot i,$$

worin A die Grösse des Ausschlages, E die jeweilige Spannung der Elektricität am freien Ende der abgeleiteten secundären Rolle, k eine von den Bedingungen des Elektrometers, c eine von den Bedingungen der Spiralen abhängige Constante, i die Intensität des primären Stromes bedeutet.

4. Werden unter den Bedingungen der vorhergehenden Versuche die secundären Rollen, statt hintereinander, gegeneinander verbunden, so ist der Ausschlag der Differenz der Ausschläge der unverbundenen Spiralen nahe gleich. So waren die Mittelzahlen für $\sigma 1$ 10,18, für $\sigma 2$ 6,05, für $\sigma 1 - \sigma 2$ 3,99. Die berechnete Differenz $\sigma 1 - \sigma 2$ ist 4,13.

5. Die Grösse der Schliessungs- und Oeffnungsausschläge steht cet. par. in geradem Verhältnisse zu der Zahl der mit den Platten verbundenen Elemente. Genau ist die einfache Proportionalität indessen nur bei einer mittleren und entfernteren Stellung der Platten.

In der folgenden Tabelle gibt die erste Spalte *z* die Zahl der mit den Platten verbundenen Elemente an. Unter *Sp* u. s. w. ist der grösste und der kleinste von 5 gleichnamigen, unter *M* sind die üblichen Mittelzahlen verzeichnet.

I. *120 re*; *σ1*; *3 Gr.*

z	*Sp*	*Oen*	*Sn*	*Oep*	*M*
100	9,95 9,9	10,0 9,7	10,0 9,7	9,95 9,9	9,87
80	8,2 8,0	8,0 8,0	8,1 7,6	8,4 8,05	8,05
60	6,1 5,9	6,1 5,7	6,1 5,65	6,2 5,8	5,94
40	4,0 3,85	4,1 4,0	4,1 4,0	4,1 3,8	4,00
20	2,1 1,8	2,1 1,9	2,1 1,7	2,15 1,8	1,96

II. *l*25 *re*; *σ*1 + *σ*2; 5 *Gr*.

z	*Sp*	*Sn*	*M*	Ber.	Diff.
100	11,4 11,0	11,1 11,0	11,14	11,06	+ 0,08
80	8,95 8,9	9,1 8,9	8,99	8,85	+ 0,14
60	6,6 6,35	6,5 6,15	6,43	6,64	− 0,21
40	4,45 4,25	4,4 4,15	4,30	4,42	− 0,12
20	2,2 2,0	2,1 2,1	2,10	2,21	− 0,11

III. *l*15 *re*; *σ*1; 3 *Gr*.

z	*Sp*	*Oen*	*M*	Ber.	Diff.
100	13,4 13,25	13,2 13,1	13,24	13,27	− 0,03
80	10,3 9,95	10,2 10,1	10,12	10,09	+ 0,03
60	7,4 7,2	7,15 7,1	7,20	7,18	+ 0,02
40	4,8 4,5	4,5 4,2	4,48	4,52	− 0,04
20	2,2 2,1	2,1 2,1	2,12	2,13	− 0,01

Die erste Tabelle für die Plattenstellung *l*20 *re* zeigt die Proportionalität zwischen den Ausschlägen und den Zahlen der Elemente ohne Weiteres. Denn die Mittelwerthe *M* brauchen im Allgemeinen nicht um 0,1 geändert zu werden, um mit den Zahlen der ersten Spalte übereinzustimmen. Auch bei der entfernteren Plattenstellung *l*25 *re* weichen die nach der Formel $A = 0{,}1106\,z$ berechneten Werthe von den beobachteten nicht erheblich ab. Die Berechnung für die nähere Plattenstellung *l*15 *re*

ist jedoch, um die Abweichung nicht grösser als den zu erwartenden Fehler ausfallen zu lassen, nach der Formel $A = 0{,}1\, z + 0{,}000327\, z^2$ ausgeführt worden. Die Ausschläge wachsen hier also in etwas stärkerem Verhältnisse, als der einfachen Proportionalität entspricht. Bei entfernterer Stellung der Platten besteht demnach die Relation

$$3) \qquad A = K \cdot z \int_0^t E \cdot dt$$

wenn z die Zahl der mit den Platten verbundenen Elemente und K eine zweite Constante bedeutet.

6. Das Ergebniss der in Nr. 2 und 3 angeführten Versuche erlaubt es, von der während der Induction stattfindenden Vertheilung der Elektricität im Goldblatte und den Platten abzusehen und den Bewegungsimpuls des ersteren von den Spannungen abhängig zu denken, welche sucessive in dem die Rolle und das Elektrometer verbindenden Leiter auftreten.

Die Ausschläge sind also bei gegebener Disposition des Elektrometers im ganzen Bereiche der Scala proportional dem Zeitintegrale der Spannungen an dem dem Elektrometer zugewendeten Ende des Leiters. Diese Behauptung ist jedoch einer Einschränkung unterworfen. Da nämlich die elektrischen Vorgänge bei der Induction eigentlich erst nach unendlich langer Zeit vollständig ablaufen, so kann das ganze Zeitintegral nur dann einen dynamischen Bewegungsantrieb repräsentiren, wenn dasselbe bereits in einer zur Schwingungsdauer des Goldblattes verschwindend kurzen Zeit einen Werth erreicht, welcher von $\int_0^\infty s\,dt$ nicht merklich verschieden ist. Diese Forderung möge vorläufig als erfüllt angesehen werden, so dass wir uns also vorstellen, dass der Vorgang im Wesentlichen bereits abgelaufen ist, bevor sich das Goldblatt noch merklich aus der Gleichgewichtslage entfernt hat.

Die Gleichheit der Ausschläge erster Art (d. h. der A-Meth.) ist ein Kriterium für die Gleichheit der den Bewegungsantrieb bestimmenden Zeitintegrale, wobei der Verlauf der Spannungen indessen beliebig verschieden sein kann. Mit dem letzteren variiren jedoch die Ablenkungen der demnächst zu besprechenden B-Methode. Sind daher in zwei Fällen die Ausschläge der ersten Art die gleichen, die der zweiten dagegen verschieden, so folgt, dass der Flächeninhalt der auf die Zeit als Abscisse

bezogenen Curve der Spannungen in beiden Fällen' derselbe, die Form der Curven dagegen verschieden ist. Hiervon lässt sich sofort eine Anwendung machen.

7. Werden nämlich die Ausschläge der A-Methode einmal bei Verbindung des Elektrometers und der Spirale durch einen guten metallischen Leiter und dann nach Einschaltung einer längeren Weingeistsäule bestimmt, so findet man, dass dieselben in beiden Fällen genau die gleiche Grösse haben. Es wurden dabei ganz enorme Widerstände angewendet; so änderten sich beispielsweise die Ablenkungen des Goldblattes nicht im Geringsten durch Einschaltung einer 80 Centimeter langen Säule von käuflichem absolutem Alkohol, während nur wenige Linien derselben in dem geschlossenen Kreise der secundären Rolle genügten, die Anzeigen eines Multiplicators, dessen Nadel beim Vorhandensein nur metallischer Leitungen an die Hemmung flog, auf kaum wahrnehmbare Spuren zu reduciren.

Ganz anders verhalten sich die Ausschläge der B-Methode. Nach Einführung der Weingeistsäule erscheinen sie vermindert oder sie kehren unter Umständen gar ihre Richtung um.

Einige Belege für diese oftmals constatirten Thatsachen finden sich unter B Nr. 10 und 12. (Seite 85 und 87).

Es folgt mithin, dass sich mit dem Widerstande nur der Verlauf, nicht aber das Zeitintegral der Spannungen an dem dem Elektrometer zugewendeten Ende des Leiters ändert.

Ich erlaube mir, den theoretischen Grund für diese Erscheinungen etwas ausführlicher zu entwickeln, weil es sich hier um einen Umstand handelt, welcher dem Elektrometer einen grossen Vorzug vor dem Multiplicator verleiht. Um von Alternationen absehen zu können, werde angenommen, dass das Goldblatt bei verschiedenem Widerstande des zwischen der Spirale und dem Elektrometer befindlichen Leiters durch eine Reihe von identischen Schliessungsinductionen positive Elektricität empfange.

Da sich bei Vergrösserung des Widerstandes, soferne die Capacität klein bleibt, nur der Gang der Spannungen an dem dem Elektrometer, nicht aber an dem der Rolle zugekehrten Ende des Leiters ändern kann, so würden die beobachteten Thatsachen offenbar ihre Erklärung finden, wenn sich darthun liesse, dass bei beliebigem Widerstande das Zeitintegral der Spannungen an jenen beiden extremen Stellen dieselbe Grösse hat.

Der Beweis stützt sich auf eine dem *Ohm*'schen Gesetze zu Grunde liegende Voraussetzung und auf die Thatsache, dass in dem ersten Zeitraume der Induction durch ein jedes Leiterelement ebensoviel positive Elektricität in der Richtung zum Elektrometer hindurchfliesst als in dem zweiten Zeitraume durch dasselbe Element in entgegengesetzter Richtung wieder zurückströmt. [1])

---

1) Auf kürzerem Wege ergibt sich das abzuleitende Resultat folgendermassen.

Es sei s die (posit.) Spannung an irgend einem Punkte des als lineär vorausgesetzten Leiters zu der vom Beginne der Induction an gerechneten Zeit t; der Abstand des gedachten Punktes von dem Ende der Rolle werde mit r bezeichnet. Offenbar ist s eine Function von r und t also $s = \psi\, r, t$.

Die während des Zeitincrementes dt durch das angränzende Leiterelement dr hindurchfliessende Menge positiver Elektricität ist, wenn w den Widerstand der Längeneinheit bezeichnet

$$de = -\frac{\psi'_r r, t \,.\, dr}{w \,.\, dr} \,.\, dt = -\frac{1}{w}\,\psi'_r r, t \,.\, dt$$

$\psi'_r r, t$ ist im ersten Zeitraume der Induction negativ, im zweiten positiv; ein positives de bezeichnet also eine hinwärts, ein negatives de dagegen eine rückwärts strömende positive Elektricitätsmenge. Das zur Zeit t oberhalb des Leiterelementes befindliche Quantum (posit.) Elektricität ist mithin

$$e = -\frac{1}{w}\int_0^t \psi'_r r, t \,.\, dt$$

Da der Leiter am Schlusse des Vorganges wieder unelektrisch, e mithin zur Zeit $t = \infty$ gleich Null ist, so folgt

$$\int_0^{t=\infty} \psi'_r r, t \,.\, dt = 0$$

Diese letztere Relation hat aber, da sie für jeden Punkt des Leiters gilt, zur Voraussetzung:

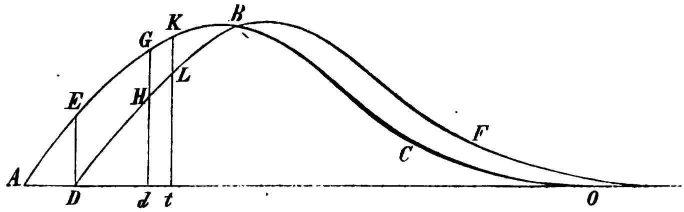
$$\int_0^{t=\infty} \psi\, r, t \,.\, dt = \text{const.}$$

An jeder beliebigen Stelle des Leiters hat also das Zeitintegral der Spannungen einen zunächst noch unbekannten, aber jedenfalls mit dem Abstande von der Rolle nicht variirenden Werth. Dieser letztere muss aber offenbar dem Zeitintegrale der am Ende der secundären Spirale auftretenden Spannungen gleich sein, da hier eine sprungweise Aenderung nicht stattfinden kann.

Bezeichnet man also jetzt mit s und S die Spannungen an dem dem Elektrometer zugewendeten Ende des Leiters und der Rolle, so ist

$$\int_0^\infty s\,dt = \int_0^\infty S\,dt$$

Die Ordinaten der Curve ABC mögen die am Ende der Rolle auftretenden (positiven) Spannungen, auf die Zeit als Abscisse bezogen, vorstellen. Ebenso repräsentire die Curve DBF die Spannungen an einer von dem Ende der Spirale um dr entfernten Stelle des linear vorausgesetzten Leiters.



Beide Curven werden sich der Abscisse asymptotisch nähern. Wie sie im Uebrigen auch immer beschaffen sein mögen, so ist doch jedenfalls klar, dass sie sich in irgend einem Punkte B schneiden werden. Denn in dem ersten Zeitraume der Induction, in welchem die positive Elektricität in der Richtung zum Elektrometer fliesst, muss ABC und in dem zweiten Zeitraume, in welchem dieselbe in entgegengesetzter Richtung strömt, muss DBF die höheren Ordinaten haben.

Es lässt sich nun leicht beweisen, dass der Flächenraum der Curve ABC dem Flächenraume der Curve DBF gleich ist. Dieses ergibt sich aus der folgenden Ueberlegung.

Ist zu irgend einer Zeit der Spannungsunterschied gleich GH, so fliesst nach dem *Ohm*'schen Gesetze in dem folgenden Zeitincremente dt durch das Leiterelement die Elektricitätsmenge $\frac{1}{w.dr} \cdot GH \cdot dt$, worin w den Widerstand der Längeneinheit bezeichnet. Nun stellt aber in der Figur der Flächenraum $GHLK$ die Grösse $GH \cdot dt$ dar. Es ist daher ersichtlich, dass die gesammte Menge positiver Elektricität, welche in dem ersten Zeitraume der Induction durch das Leiterelement in der Richtung zum Elektrometer hindurchfliesst gleich ist $\frac{1}{w.dr}$ mal dem Flächenraume ABD. Ebenso ergibt sich, dass die gesammte Elektricitätsmenge, welche in dem zweiten Zeitraume in umgekehrter Richtung hindurchströmt, gleich ist $\frac{1}{w.dr}$ mal dem

zwischen den Schenkeln BC und BF liegenden Flächenstücke. Da nun offenbar die Mengen positiver Elektricität, welche in dem ersten Zeitraume in der einen und in dem zweiten Zeitraume in der anderen Richtung durch das Leiterelement hindurchströmen, einander an Grösse gleich sind, so ist

$$\frac{1}{w \,.\, dr} \cdot ABD = \frac{1}{w \,.\, dr} \cdot CBF$$

also

$$ABD = CBF$$

Mithin ist der Flächenraum ABD gleich dem Flächenraume CBF und folglich die Fläche ABC gleich der Fläche DBF, was zu beweisen war.

Da man dieses Verfahren für jedes folgende Leiterelement wiederholen kann, so ergibt sich weiter, dass an jeder beliebigen Stelle und ebenso am Ende des Leiters die Fläche oder das Zeitintegral der daselbst auftretenden Spannungen der dem Ende der Rolle angehörigen gleich ist.

Kehren wir jetzt zu dem Ausgangspunkte der Betrachtung zurück. Bei einer Reihe von identischen Inductionen möge successive die Widerstandsconstante des Leiters wachsen. Die Curve ABC stelle wie bisheran die Spannungen für das Ende der Rolle, DBF jedoch jetzt die Spannungen an dem dem Elektrometer zugewendeten Ende des Leiters vor, so dass also die Strecke AD jetzt nicht mehr eine unendlich kleine, sondern eine endliche Grösse (die Ladungszeit des Leiters) repräsentirt.

Bei metallischer Verbindung werden die beiden Curven sehr nahe zusammen fallen. Nimmt die Widerstandsconstante zu, so bleibt ABC unverändert, während DBF bei gleichbleibendem Flächeninhalte eine successive Gestaltveränderung erleidet, so dass die Strecke AD immer grösser, die maximale Ordinate immer kleiner wird und der Schnittpunkt B immer mehr nach rechts rückt. (Die maximale Ordinate bestimmt die dem Goldblatte zugeführte Elektricitätsmenge, welche natürlich ohne Beeinträchtigung des Flächenraumes beliebig klein werden kann.)

Es ist demnach klar, dass die Ausschläge der B-Methode, welche von Hause aus durch die Form der Curven mitbestimmt werden, bald eine Verminderung zeigen müssen, während die zunächst nur vom Flächeninhalte abhängigen Ausschläge der A-Methode noch unberührt bleiben. Doch werden sich auch die letzteren endlich verändern, da auch für sie die Form der Curve

schliesslich maassgebend wird. Denn es wurde bereits darauf hingewiesen, dass das Zeitintegral der Spannungen nur dann einen rein dynamischen Bewegungsantrieb repräsentirt, wenn dasselbe bereits in einer zur Schwingungsdauer des Goldblattes verschwindend kurzen Zeit einen von $\int_0^\infty s\,dt$ nicht merklich verschiedenen Werth erreicht. Dieser Forderung wird bei wachsendem Widerstande zwar in sehr weiten Gränzen, aber doch nicht bis ins Unbegränzte genügt bleiben. Es bleibe dahingestellt, ob es bei Anwendung rein galvanischer Leiter möglich sei, die zu erwartende Aenderung der Ausschläge experimentell nachzuweisen. Oben wurde angeführt, dass eine Säule von käuflichem absolutem Alkohol ohne allen Einfluss war.

Auf Veranlassung des Herrn Prof. *Wiedemann*, dem ich hiermit meinen Dank für das bewiesene Wohlwollen ausspreche, wurde eine lange mit entwässertem Olivenöl gefüllte Glasröhre in die Leitung zum Elektrometer eingeführt. Die Ausschläge waren:

ohne Oelsäule	*Sp* 14,0	*Oen* 14,2	*Sn* 14,1	*Oep* 14,5
mit »	*Sp* 0,5	*Oen* 0,5	*Sn* 0,5	*Oep* 0,4

Also eine erhebliche Verminderung. Ganz andere Erscheinungen boten sich dar, als nur eine dünne Oelschicht eingeschaltet wurde:

ohne Oelschicht	*Sp* 12,3	*Oen* 12,1	*Sn* 12,0	*Oep* 11,9
mit »	*Sp* 15	*Oen* mehr als 25,0	*Sn* 17	*Oep* mehr als 25,0 (über die Scala hinaus).

Die Ausschläge waren also jetzt im Gegentheile vergrössert, bei Schliessung und Oeffnung nicht mehr gleich und noch besonders augenfällig war der langsame Verlauf derselben. Der elektrische Vorgang im Elektrometer überdauerte also die Inductionszeit beträchtlich.

Es ist zwar nicht undenkbar, dass die Spannungscurve nach Einschaltung sehr grosser galvanischer Widerstände eine Form annimmt, bei der die Lagen des Goldblattes nicht mehr ausschliesslich durch die Anfangsgeschwindigkeit, sondern auch durch die augenblicklich vorhandenen Spannungen merklich mitbestimmt werden.

Wahrscheinlicher ist es jedoch, dass das Olivenöl nur ein Halbleiter ist, welcher, in dünner Schicht eingeschaltet, bei

einem gewissen Schwellenwerthe der Spannung eine Ladung durchlässt.

Practisch kann man die Ausschläge der A-Methode jedenfalls, sofern man sich auf ächt galvanische Leiter beschränkt, als völlig unabhängig von dem Widerstande und ebenso[1]) von der Capacität der Leitung ansehen.

---

1) Im Texte wurde die Curve der Spannungen an dem nicht abgeleiteten Ende als gegeben betrachtet. Dieselbe ändert sich cet. par. zwar mit der Capacität des Leiters, allein im Wesentlichen doch nur der Form nicht dem Flächeninhalte nach. Der letztere wird, sofern sämmtliche Elektricität zurückfliesst, auschliesslich durch die elektromotorischen Kräfte der Induction bestimmt. Allgemeingültig ist diese Behauptung, wenn die Spannungsunterschiede der Rolle, in beschränkterem Maasse, wenn die Spannungen als Ordinaten angenommen werden. Wir betrachten zunächst einen ideellen Fall.

Der negative Pol eines galvanischen Elementes sei zur Erde abgeleitet. Die dem Gleichgewichtszustande der Elektricität entsprechende Spannung am freien, positiven Pole, oder was dasselbe bedeutet, der elektromotorische Spannungsunterschied sei E. Tritt nun aus irgend einem Grunde eine kleinere Spannungsdifferenz s auf, so fliesst positive Elektricität in der Richtung vom negativen zum positiven Pole und die Intensität des Stromes ist um so grösser, je verschiedener s und E von einander sind. Es ist nämlich $i = \frac{E - s}{W}$, wenn W den Widerstand des Elementes bedeutet. Wird umgekehrt der Spannungsunterschied aus irgend einem Grunde auf den Werth s' erhöht, so fliesst positive Elektricität in entgegengesetzter Richtung; die (absolute) Stromesintensität ist $i = \frac{s' - E}{W}$. Man denke sich nun, dass die elektromotorische Kraft im Elemente entstehe, zu einem Maximalwerthe anwachse und allmählig wieder auf 0 herabsinke und dass in dem ersten Zeitraume des Vorganges positive Elektricität in einen mit dem freien Pole verbundenen Recipienten einströme, um in dem zweiten Zeitraume in entgegengesetzter Richtung zur Erde abzufliessen. Es ist klar, dass alsdann die elektromotorischen Spannungsunterschiede $E = ft$ in keinem Augenblicke vorhanden sein können. Diese sind im vorliegenden Falle virtuelle Grössen. Die actuell auftretenden Spannungsdifferenzen der Pole $s = \varphi t$ müssen im ersten Zeitraume kleiner und im zweiten grösser als die gleichzeitigen virtuellen sein. Denken wir uns E und s als Ordinaten auf die Zeit als Abscisse aufgetragen, so entstehen zwei sich in einem Punkte schneidende Curven, wie Fig. S. 69, worin jetzt D und A jedoch zusammenfallen. Nun repräsentiren die beiden zwischen den Curvenschenkeln liegenden Flächenstücke wieder die hin- und rückströmende Elektricitätsmenge. Aus der Gleichheit derselben folgt ebenso wieder die Gleichheit der Flächenräume. Wenn also Elektricität während des Entstehens einer elektromotorischen Kraft in einen Recipienten einfliesst und

8. Die oft hervorgehobene Gleichheit der Schliessungs- und Oeffnungsausschläge ist von gewissen Bedingungen abhängig, deren Kenntniss bei Anstellung messender Versuche von Wichtigkeit ist.

---

während des Verschwindens derselben wieder zurückströmt, so ist, wie auch immer der Verlauf des Vorganges beschaffen sei, doch immer das Zeitintegral des actuellen dem Zeitintegrale des virtuellen (elektromotorischen) Spannungsunterschiedes gleich. Ist die Curve des letzteren gegeben, so ist damit auch die des ersteren, zwar nicht der Form, aber wohl dem Inhalte nach bestimmt. Die im Elemente selbst sich anhäufende Elektricitätsmenge ist als verschwindend klein im Verhältnisse zur durchfliessenden angesehen worden. Ein analoger Fall ist in der offenen Inductionsspirale realisirt.

Die Rolle und ein dem freien Ende derselben zugefügter Recipient werde durch eine Schliessungsinduction positiv elektrisch. An jeder Stelle innerhalb der Spirale unterscheiden wir wieder die actuell auftretende von der gleichzeitigen virtuellen also derjenigen Spannung, welche dem gedachten Punkte nach Maassgabe der jeweiligen elektromotorischen Kräfte zukommen würde, wenn die Elektricität in jedem Augenblicke der Induction, wie in der offenen galvanischen Säule, in den Gleichgewichtszustand übergehen könnte. Es sei w der Abstand eines innerhalb der Rolle gelegenen Punktes von dem abgeleiteten Ende. Sowohl die actuelle (s) als die virtuelle (E) Spannung an demselben sind Functionen von w und der Zeit t. Es sei $E = fw, t$; $s = \varphi w, t$. Die Menge positiver Elektricität, welche während des Zeitincrementes dt durch das angränzende Leiterelement dw hindurchströmt, ist

$$de = \frac{f'_w w, t\,.\,dw - \varphi'_w w, t\,.\,dw}{W\,.\,dw}\cdot dt = \frac{1}{W}\left(f'_w w, t - \varphi'_w w, t\right) dt,$$

worin W den Widerstand der Längeneinheit bedeutet.

$f'_w w, t$ sowohl als $\varphi'_w w, t$ bleiben während des ganzen Verlaufes der Induction positiv. Im ersten Zeitabschnitte ist jedoch $f'_w w t > \varphi'_w w, t$, im zweiten dagegen $\varphi'_w w, t > f'_w w, t$.

Die im ersten Zeitraume in der Richtung zum Recipienten und die im zweiten Zeitraume in entgegengesetzter Richtung durch das Leiterelement hindurchfliessenden Mengen positiver Elektricität e_1 und e_2 sind, absolut genommen

$$e_1 = \frac{1}{W}\int_0^{t_1}\left(f'_w w t - \varphi'_w w, t\right) dt$$

$$e_2 = \frac{1}{W}\int_{t_1}^{\infty}\left(\varphi'_w w, t - f'_w w t\right) dt$$

Da nun e_1 gleich e_2 ist, so folgt

$$\int_0^{t_1}\left(f'_w w t - \varphi'_w w, t\right) dt = \int_{t_1}^{\infty}\left(\varphi'_w w t - f'_w w, t\right) dt\,.$$

Zur leichteren Orientirung erscheint es zweckmässig, die bei unsymmetrischer Anordnung der Platten entstehende Ablenkung als aus zwei Summanden zusammengesetzt zu denken.

Der erste derselben ist in den 4 Ausschlägen *Sp*, *Sn*, *Oep*, *Oen* von gleicher Grösse; sein Vorzeichen wechselt sowohl mit dem der Elektricität des Goldblattes als auch bei Vertauschung der Pole an den Platten; seine Grösse ist von der Art der Oeffnung und Schliessung unabhängig. Man kann denselben als das Resultat der Einwirkung auffassen, welche die Elektricitäten des Goldblattes und der Platten ohne abgeänderte Vertheilung auf einander ausüben würden.

Der zweite Summand ist grösser in den Oeffnungs- als in den Schliessungsausschlägen; sein Vorzeichen richtet sich lediglich nach der Stellung der Platten und seine Grösse ist von der Art der Oeffnungs- resp. Schliessungsweise nicht unabhängig.

---

und ferner

$$\int_{0\,w}^{\infty} f'w,t\,.\,dt = \int_{0\,w}^{\infty} \varphi'w,t\,.\,dt$$

Diese beiden bestimmten Integrale sind, wenn die Integration vollzogen ist, nur noch Functionen von w allein. Denkt man sich die numerischen Werthe auf w als Abscisse aufgetragen, so entstehen zwei identische Curven. Es müssen daher auch die zwischen den Gränzen o und w genommenen Integrale dieser Curven gleichen Werth haben. Also

$$\int_0^w dw \int_{0\,w}^{\infty} f'w,t\,.\,dt = \int_0^w dw \int_{0\,w}^{\infty} \varphi'w,t\cdot dt$$

Es folgt

$$\int_0^{\infty} (fw,t - fo,t)\,dt = \int_0^{\infty} (\varphi w,t - \varphi o,t)\,dt \quad .$$

$(fw,t - fo,t)$ ist nun der Unterschied der virtuellen, $(\varphi w,t - \varphi o,t)$ der der actuellen Spannungen zwischen einem Punkte w und dem abgeleiteten Ende zur Zeit t. w kann natürlicher Weise auch das freie Ende der Rolle bedeuten. Bei beliebiger Capacität des Recipienten ist also das Zeitintegral des actuellen Spannungsunterschiedes der Spirale dem Zeitintegrale des virtuellen (elektromotorischen) gleich.

Dasselbe gilt für die Zeitintegrale der Spannungen am Ende der Rolle selbst, so lange man die Spannungen hier als gross gegen die des abgeleiteten Endes annehmen kann.

Im Uebrigen wird innerhalb der in den Gränzen des Experimentes liegenden Bedingungen auch der Verlauf der actuellen und virtuellen Spannung noch nahe zusammen fallen. Wenigstens liess sich bei Anwendung von drei grösseren Leydener Flaschen eine Aenderung desselben nicht nachweisen. Vgl. B. 13.

Diesen zweiten Summanden kann man als das Resultat der Influenzwirkung betrachten, welche die Elektricität des Goldblattes auf- die unelektrischen aber mit denselben Ableitungen versehenen Platten ausüben würde.

Ist a der absolute Werth des ersten, s resp. $\ddot{o}$ der des zweiten Summanden, wird ferner die Bewegungsrichtung zur linken Platte durch das positive, die zur rechten durch das negative Vorzeichen angedeutet, so hat man bei den 4 Dispositionen der Pole und der Platten, deren Abstände vom Goldblatte mit n und $n + m$ bezeichnet werden, die folgenden Ausschläge:

I. $lNrP$; $ln\,r(n+m)$	$lPrN$; $ln\,r(n+m)$
$Sp\ +a+s=+(a+s)$	$Sp\ -a+s=-(a-s)$
$Oen\ -a+\ddot{o}=-(a-\ddot{o})$	$Oen\ +a+\ddot{o}=+(a+\ddot{o})$
$Sn\ -a+s=-(a-s)$	$Sn\ +a+s-+(a+s)$
$Oep\ +a+\ddot{o}=+(a+\ddot{o})$	$Oep\ -a+\ddot{o}=-(a-\ddot{o})$
$lNrP$; $l(n+m)\,rn$	$lPrN$; $l(n+m)\,rn$
$Sp\ +a-s=+(a-s)$	$Sp\ -a-s=-(a+s)$
$Oen\ -a-\ddot{o}=-(a+\ddot{o})$	$Oen\ +a-\ddot{o}=+(a-\ddot{o})$
$Sn\ -a-s=-(a+s)$	$Sn\ +a-s=+(a-s)$
$Oep\ +a-\ddot{o}=+(a-\ddot{o})$	$Oep\ -a-\ddot{o}=-(a+\ddot{o})$

Bei symmetrischer Plattenstellung ist $\ddot{o}$ sowohl als s gleich Null; unter diesen Umständen haben die Ausschläge gleiche Grösse und die normale Richtung, welche durch das vor den Klammern stehende Vorzeichen angedeutet wird. Die letztere besteht bei unsymmetrischer Disposition fort, so lange $a > \ddot{o}$; alsdann zeigen sich nur die dem Schema entsprechenden Grössenunterschiede. Sobald jedoch a, z. B., durch Schwächung der mit den Platten verbundenen Säule kleiner wird als $\ddot{o}$, kehrt einer der Oeffnungsausschläge sein Zeichen um. Dieses kann, weil s im Allgemeinen sehr klein ist, bei den Schliessungsausschlägen nicht leicht vorkommen. Aus demselben Grunde sind *Sp* und *Sn* bei geringeren Unterschieden der Plattenstellung noch ziemlich von gleicher Grösse, während die Oeffnungsausschläge bereits erheblich verschieden sind.

Beispielsweise war dem Schema I und II entsprechend im Mittel aus je 5 Bestimmungen

(S100; 2Gr; σ1)

bei l15 r20; $lNrP$: Sp + 6,5 Oen — 3,9 Sn — 6,0 Oep + 8,4
DS = 12,5 DOe = 12,3

bei » » ; $lPrN$: Sp — 5,9 Oen + 8,3 Sn + 6,3 Oep — 4,0
DS = 12,2 DOe = 12,3

Die Differenz der Schliessungsausschläge (DS) ist also der der Oeffnungsausschläge (DOe) ziemlich gleich.

Um die complicirenden Influenzwirkungen auszuschliessen, ist es nöthig, das Goldblatt vor dem Beginne eines messenden Versuches in die elektrische Mitte zu stellen.

Zur Bestimmung derselben habe ich gewöhnlich ein von Prof. *Hankel* angegebenes Verfahren angewendet. Die beiden Platten werden mit Erdleitungen versehen. Das Goldblatt tritt durch einen Commutator abwechselnd mit dem freien Pole einer abgeleiteten Säule von 50 bis 100 Elementen und einer Erdleitung in Verbindung. Die eine der Platten wird dann verschoben bis das Goldblatt in beiden Lagen des Commutators dieselbe Stellung einnimmt. Ist auf diese Weise die elektrische Mitte bestimmt, so entstehen, wenn beide Platten abgeleitet sind, nur bei der Oeffnung unschätzbare Spuren einer Bewegung.

9. Hat man eine Reihe von Ausschlägen bei Beibehaltung einer Stromesrichtung in der primären Spirale bestimmt und wird dieselbe alsdann umgekehrt, so erscheint der erste Schliessungsausschlag gewöhnlich etwas grösser als der folgende. Der Unterschied betrug zuweilen einen ganzen Scalentheil.

Es empfiehlt sich daher unter diesen Umständen die Ausschläge erst von der zweiten Schliessung an zu zählen.

10. Die mit den Platten verbundene Säule ist in der Mitte zur Erde abgeleitet. Gleichwohl ist die Spannung der Elektricität an den beiden Polen niemals genau dieselbe.

Es frägt sich, ob ein grösserer oder kleinerer Fehler in der Abtheilung der Säule einen Einfluss auf die Grösse der Ausschläge ausübt.

Die 100 mit den Platten vereinigten Elemente wurden durch die Erdleitung einmal im Verhältnisse 50:50 und dann im Verhältnisse 80:20 abgetheilt und die bei diesen beiden Anordnungen entstehenden Ausschläge mit einander verglichen. In dem zweiten

Falle wurde das nach der stärkeren Platte abgelenkte Goldblatt mittelst der Stellschraube wieder in die ursprüngliche, der elektrischen Mitte entsprechende Gleichgewichtslage zurückgeführt. Unter *Sp* u. s. w. ist der grösste und der kleinste von je 5 gleichnamigen, unter *M* das Mittel aus sämmtlichen Ausschlägen derselben Reihe angeführt.

	Sp	*Oen*	*Sn*	*Oep*	*M*
P 50 *N* 50	10,9 10,6	10,7 10,7	10,7 10,2	10,9 10,8	10,7
P 80 *N* 20	10,9 10,6	10,9 10,5	11,0 10,2	11,5 11,2	10,9

Ein anderer Versuch ergab bei denselben Abtheilungen der Säule die Mittelzahlen 3,8 und 3,9.

Bei verschiedener Vertheilung der Spannungen an den Platten aber gleichbleibender Spannungssumme sind mithin die Ausschläge dieselben.

B.

1. Bei der vorhin besprochenen Methode stand das Goldblatt in der elektrischen Mitte zwischen den beiden mit den Polen einer Säule verbundenen Platten. Die bei dieser Disposition entstehenden Ausschläge liessen sich durch die Formel $A = k\int_0^t E\,dt$ ausdrücken.

Bei einer zweiten, jetzt zu besprechenden Gebrauchsweise des Elektrometers geben die Ausschläge bis zu einem gewissen Grade Aufschluss über den Verlauf der Spannungen oder die Form der durch das Integral $\int_0^t E\,dt$ vorgestellten Fläche. Von den verschiedenen dieser Forderung genügenden Anordnungen habe ich bisher nur zwei in Anwendung gezogen.

Ba. Das freie Ende der abgeleiteten secundären Rolle wird mit dem Knopfe des Elektrometers verbunden. Beide Platten werden mit Erdleitungen versehen und die eine derselben dem Goldblatte näher gestellt als die anderen. Die Elektricität, welche dem Goldblatte in Folge der Induction mitgetheilt wird,

wirkt alsdann durch Influenz auf die Platten. Die Ausschläge der Schliessung sowohl als der Oeffnung sind nach der näher stehenden Platte gerichtet.

Bb. Das freie Ende der abgeleiteten secundären Rolle wird durch zwei Zweigleitungen einerseits mit dem Goldblatte und andererseits mit einer der Platten verbunden. Die andere Platte wird zur Erde abgeleitet. Das Goldblatt entfernt sich alsdann sowohl bei der Schliessung als bei der Oeffnung von der mit der Spirale vereinigten Platte.

Ist die Verbindung zwischen Spirale und Elektrometer durch gute metallische Leiter hergestellt, so sind bei beiden Anordnungen die Spannungen im Goldblatte sowie auch an der Platte denen am Ende der Spirale proportional. Die Ausschläge B werden sich daher durch die Gleichung

4) $$B = C\int_0^t E^2 dt$$

ausdrücken lassen, worin C eine von der Disposition des Elektrometers abhängige, zudem für Ba und Bb verschiedene Constante bedeutet.

Ablenkungen derselben Art würden entstehen, wenn die beiden Enden der durch eine Erdleitung in zwei symmetrische Hälften geschiedenen Rolle mit den symmetrisch gestellten Platten und ausserdem noch das eine der Enden mit dem Goldblatte verbunden würde. Alsdann würden sich die Ausschläge so verhalten als wenn die Platten mit den Polen einer Säule verbunden wären, deren Spannung mit der der Rolle variirte. Für diese letztere Anordnung ergäbe sich die Formel 4 aus Gl. 3 (Seite 66) durch Substitution von E für z.

Die zuletzt angedeutete, eventuell vorzuziehende Methode ist nicht angewendet worden, weil eine symmetrische Abtheilung der Spirale nicht wohl thunlich ist.

Die Bedingungen, unter denen die Ausschläge am genauesten durch die Formel 4 ausgedrückt werden, lassen sich nicht wie bei der Gleichung 3 ohne Weiteres experimentell feststellen. Als eine erste Annäherung wird man dieselbe unter allen Umständen zulassen können. Es ist zu erwarten, dass die ungehörigen, auf benachbarte Theile ausgeübten Influenzwirkungen mehr bei der Bb- als bei der Ba-Methode ins Gewicht fallen.[1])

---

1) Die Nähe des Gehäuses und insbesondere eines Mikroskops würde

Es werde hier noch auf eine einfache Beziehung zwischen den dynamischen und den statischen Ausschlägen aufmerksam gemacht, wobei unter den letzteren solche verstanden werden, welche bei Ersetzung der Rolle durch eine abgeleitete Säule entstehen. Die statischen Ausschläge der A-Methode sind der Spannung (*Hankel*), die dynamischen dem Zeitintegrale der Spannungen, die statischen Ausschläge der B-Methoden sind dem Spannungsquadrate (*Hankel*), die dynamischen dem Zeitintegrale der Spannungsquadrate proportional. Die drei ersten Behauptungen stützen sich auf den Versuch, die letzte ist Conjectur.

2. Wenn bei der Schliessung und Oeffnung desselben Stromkreises $\int_6^t E dt$ stets denselben numerischen Werth hat, so ist dieses bei $\int_6^t E^2 dt$ nicht mehr der Fall. Dem entsprechend sind die Ausschläge B bei der Oeffnung weit grösser als bei der Schliessung und eine Reihe von Oeffnungs- resp. Schliessungsausschlägen unter einander verglichen können sehr erhebliche Grössenunterschiede zeigen. Diese letzteren müssen durch die Art der Schliessung und Oeffnung bedingt sein.

Beispielsweise war (Ba, *l* 10 *r* 30, *lt rt*, *σ* 1, 3 *Gr*) nacheinander:

Sn	0,75	0,5	0,75	0,3	0,5
Oep	9,0	7,2	9,8	7,2	6,2

Der Einfluss der Schliessungs- und Oeffnungsweise kann durch die Bestimmung von Mittelzahlen immer einigermaassen eliminirt werden. In der Folge werden jedoch nur solche Versuche mitgetheilt werden, in welchen die Ausschläge durchweg die von den

---

bei einer auf das Studium von Inductionserscheinungen berechneten Construction zu vermeiden sein. Diese Bemerkung soll jedoch den Werth des *Hankel*'schen Instrumentes in keiner Weise herabsetzen. Dasselbe ist zur Bestimmung schwacher statischer Spannungen construirt worden, wobei die angedeuteten Nachtheile durchaus nicht in Betracht kommen. Es dürfte wohl schwerlich ein anderes Elektrometer existiren, welches sich besser zur Bestimmung von elektromotorischen Kräften, des Gefälles etc. eignete. Auch ist es ein sehr wesentlicher Fortschritt, dass Prof. *Hankel* die *Zamboni*'sche Säule durch eine weit beständigere aus Zinkkupferelementen ersetzt hat.

Bedingungen des Experimentes abhängigen Grössenunterschiede zeigten.

3. Der Verlauf der Spannungen in dem mit dem freien Ende der Rolle verbundenen Leiter ist bei geringer Capacität desselben sehr nahe identisch mit dem der elektromotorischen Kräfte unter denselben Umständen. Wird die secundäre Spirale jedoch geschlossen, so ist jetzt wegen der Rückwirkung des entstehenden inducirten Stromes auf den primären der Verlauf der elektromotorischen Kräfte nicht mehr derselbe wie bei offener Rolle. Gleichwohl bleibt aber das Zeitintegral wiederum unverändert, weil diese Grösse in beiden Fällen durch den Anfangs- und Endwerth der Intensität des primären Stromes bestimmt wird. Es folgt, dass die Ausschläge der A-Methode bei wachsender Intensität des primären Stromes in demselben Verhältnisse zunehmen müssen wie die des Multiplicators im geschlossenen secundären Kreise bei constant gehaltenem Widerstande.

Von dieser Thatsache habe ich mich bereits im Anfange meiner Studien überzeugt. Ebenso ergibt sich ohne Weiteres, dass bei beiden Instrumenten das Verhältniss des Schliessungs- und Oeffnungsausschlages dasselbe, nämlich gleich Eins sein muss.

Die Ausschläge der B-Methode lassen sich dagegen mit denen des Elektrodynamometers zwar vergleichen, sie müssen denselben jedoch nicht nothwendig proportional sein. Die Anzeigen des letzteren Instrumentes geben die wirklich im geschlossenen Kreise stattfindende Arbeitsleistung des Stromes an. Die des Elektrometers verkünden dagegen nur eine Tendenz zu einer Arbeitsleistung, welche in der geschlossenen secundären Rolle vollzogen würde, wenn der entstehende Inductionsstrom keinen Einfluss auf den Verlauf des primären ausübte, also gewissermaassen ein Projekt, welches schliesslich doch nur in sehr modificirter Weise realisirt wird.

4. Da sich der Verlauf einer Curve bei gleichbleibendem Flächeninhalte an unzähligen Stellen ändern kann, so kommt es der Anschauung zu Statten, wenn man in der Gl. $B = C\int_0^t E^2 dt$ das Integral durch einen andern Ausdruck ersetzt, in welchem neben der durch die Ausschläge erster Art gemessenen Grösse $\int_0^t E dt$ nur noch eine einzige Variable vorkommt. Dies

geschieht leicht in folgender Weise. Es sei in einem concreten Falle $E = ft$, wobei E entweder ausschliesslich positive oder ausschliesslich negative Werthe habe. Denkt man sich sowohl E als E^2 als Ordinaten auf t als Abscisse aufgetragen, so entstehen zwei Curven, welche mit der Abscisse die Flächenräume $\int_0^t E\,dt$ und $\int_0^t E^2\,dt$ begränzen.

Bezeichnet man nun den Abstand des Schwerpunktes der Fläche $\int_0^t E\,dt$ von der Abscisse mit R, so besteht die einfache Relation

$$2R\int_0^t E\,dt = \int_0^t E^2\,dt.$$

Substituirt man diesen Ausdruck in Gl. 4, so hat man, wenn c eine neue Constante $= 2C$ ist

$$5)\qquad B = cR\int_0^t E\,dt.$$

Das Verhältniss des Schliessungs- zum Oeffnungsausschlage würde demnach einfach das der Schwerpunktsabstände der in beiden Fällen an Inhalt gleichen Spannungsflächen $\int_0^t E\,dt$ ausdrücken.

Sind in zwei Fällen A_1, B_1 und A_2, B_2 die correspondirenden Ausschläge erster und zweiter Art, so ist $A_1 : A_2$ das Verhältniss der Flächeninhalte und $\frac{R_1}{R_2} = \frac{B_1 . A_2}{B_2 . A_1}$ das der zugehörigen Schwerpunktsabstände. Der Ausdruck (5) wäre übrigens durch einen etwas complicirteren zu ersetzen, wenn man mittels der Flamme, wie bei den Oeffnungsinductionen der Spiralen $\sigma 2$ und $\sigma 3$ regelmässig merkliche Alternationen der Elektricität nachweisen kann. (Vgl. B. 14.)

5. In dem folgenden Versuche soll mittelst des Elektrometers der Einfluss nachgewiesen werden, welchen 1) der in einem entfernten Theile des Stromkreises entstehende und verschwindende Magnetismus, und welchen 2) ein über einem entfernten Theile entstehender Inductionsstrom auf die Stärke und den Verlauf der Induction über einem zweiten Theile des Stromkreises ausübt.

Zwei primäre Spiralen $\sigma 1$ und $\sigma 2$ waren, etwa 5 Fuss von einander entfernt, in denselben Stromkreis (3. Grov.) eingeschaltet. $\sigma 2$ konnte also bei dieser Entfernung durch einen

directen inducirenden Einfluss in das Gebiet von $\sigma 1$ nicht eingreifen. Die zu $\sigma 1$ gehörige secundäre Rolle war in der bekannten Weise mit dem Elektrometer und der Erde verbunden. Die secundäre Rolle von $\sigma 2$ war zunächst entfernt.

Es wurden dann erstens die Ausschläge A ($S 100$; $r 15\, le$) bestimmt, während α) die Eisenkerne aus der primären Rolle $\sigma 2$ entfernt, β) während dieselben vorhanden waren und γ) während sich bei der Disposition β noch die geschlossene secundäre Rolle $\sigma 2$ über der primären befand. Es wurden dann zweitens die Ausschläge B ($l 10\ r 30$; $lt\ rt$) unter denselben Umständen α, β, γ bestimmt.

A		
α	β	γ
7,5	7,7	7,6

B			
	α	β	γ
Sp	0,9	0,3	0,6
Oen	6,2	4,3	6,1
Sn	1,0	0,3	0,6
Oep	6,2	4,6	6,3

Die Vergleichung der Zahlen ergibt

dass 1) der Inhalt der Spannungsfläche unter den Umständen α, β, γ der gleiche ist;

dass jedoch 2) der Schwerpunktsabstand derselben sich vergrössert, wenn aus der zweiten Rolle der Eisenkern entfernt wird, und wenn beim Vorhandensein desselben die zugehörige secundäre Rolle über ihr geschlossen wird.

6. Zwei Spiralen $\sigma 1$ und $\sigma 2$, wie immer mit Eisenkernen versehen, befinden sich wieder in einem Stromkreise (5 Gr.) Für beide werden die Ausschläge A ($l 15\ re$; $S 100$) und B ($l 15\ r 30$; $lt\ rt$) bestimmt.

A	
σ1	σ2
12,6	10,7

B		
	σ1	σ2
Sp	0,6	0,9
Oen	4,1	9,4

Bei einem geringeren Flächeninhalte hat also die Spannungscurve von $\sigma 2$ einen steileren Verlauf mit höheren Ordinaten als die von $\sigma 1$.

7. Werden zwei secundäre Rollen hintereinander verbunden, so sind die Ausschläge *A*, wie bereits erwähnt wurde, der Summe der Ausschläge der unverbundenen Spiralen gleich. Die der zweiten Art sind jedoch erheblich grösser. So war z. B. unter den Bedingungen des vorigen Versuches bei hintereinander verbundenen Rollen

A = 23,4 also nahe = 12,6 + 10,7

B : *Sp* = 3,0 *Oen* = 20,8 also grösser als die Summen 0,6 + 0,9 und 4,1 + 9,4.

Werden zwei Spiralen, bei welchen die Spannungscurven gleichen Flächeninhalt aber ungleichen Verlauf haben, gegen einander verbunden, so verschwinden die Ausschläge der ersten, nicht jedoch die der zweiten Art. Entsprechend würden im geschlossenen Kreise die Ausschläge des Multiplicators auf 0 reducirt werden, ohne dass gleichzeitig die physiologischen Wirkungen wegfielen. (Prof. *Dove*.)

8. Die mit *Bb* (Vgl. B. 1) bezeichneten Ausschläge wachsen bei Annäherung der elektrisch werdenden Platte an das Goldblatt nur bis zu einer mittleren Stellung, um beim weiteren Vorrücken derselben wieder abzunehmen. Dasselbe gilt für die statischen Ablenkungen, welche durch gleichzeitige Verbindung des Goldblattes und einer Platte mit dem freien Pole einer abgeleiteten Säule entstehen.

In der folgenden Tabelle gibt die erste Horizontalspalte die Stellung der zur Erde abgeleiteten rechten, die erste Verticalspalte die der linken elektrisch werdenden Platte an. *Sp* u. s. w. sind dynamische, *p* 20, *p* 40 statische Ausschläge durch den positiven Pol einer Säule von 20, resp. 40 El.

	Bb. *r* 28,8 σ 1, 2 *Gr.*				*Bb.* *r* 14,2 σ 1 2 *Gr.*		*r* 28,8		*r* 14,2
l	*Sp*	*Oen*	*Sn*	*Oep*	*S*	*Oe*	*p* 20	*p* 40	*p* 20
30	0,2	3,2	0,3	3,2	0,7	6,4	3,0	11,9	5,0
25	0,2	3,2	0,3	3,4			3,9	14,0	6,0
20	0,2	3,3	0,3	3,3	0,9	7,0	4,1	16,9	6,9
15	0,3	3,5	0,3	3,9	1,0	7,5	4,9	19,1	7,8
10	0,5	4,0	0,4	3,9	1,1	7,5	5,1	20,9	8,0
6	0,3	2,6	0,2	2,9	0,8	6,9			
5							4,1	17,9	7,0
4	0,2	1,8	0,2	2,1	0,4	4,5			
3							3,6	13,7	5,8

(*Sp* Mittel aus 5, *S*, *Oe M* aus 10 Best.; *p* einzeln.)

Die grössten Zahlen sämmtlicher Verticalreihen befinden sich, wie die Tabelle zeigt, in derselben Horizontalspalte (10). Eine genauere Bestimmung der dem Maximum entsprechenden Plattenstellung ist nicht thunlich, weil sich die Ausschläge in der Nähe derselben sehr langsam ändern.

9. Zur Erklärung der zuletzt beobachteten Erscheinungen sei es erlaubt anzunehmen, dass der statische Ausschlag (y), welcher — zunächst nach voller Beseitigung der rechten, — durch gleichzeitige Verbindung der linken Platte und des Goldblattes mit zwei Polen von der Spannung l_1 und l_2 entsteht, aus drei Gliedern zusammengesetzt sei, wovon das erste die Influenzwirkung der elektrischen Platte auf das unelektrisch gedachte Goldblatt, das zweite die Influenzwirkung des elektrischen Goldblattes auf die unelektrische Platte und das dritte die Einwirkung der Elektricitäten auf einander bei nicht abgeänderter Vertheilung derselben repräsentirt. Die beiden ersten Glieder müssen stets Anziehung, das letzte Anziehung, wenn die Elektricitäten ungleichnamig, Abstossung, wenn sie gleichnamig sind, ausdrücken; die ersteren sind, wie man sich experimentell überzeugt, dem Quadrate der Spannungen l_1 und l_2, das letzte dem Producte aus l_1 und l_2 proportional.

Eine Ablenkung des Goldblattes nach der elektrischen (linken) Platte werde als positiv angenommen. Der Ausschlag wäre demnach

1) $$y = c_1 l_1^2 + c_2 l_2^2 - k l_1 \cdot l_2$$

Sind l_1 und l_2 ungleichnamig, so kann y nur positiv sein (Anziehung); sind dieselben jedoch gleichnamig, so kann y je nach dem Grössenverhältnisse von l_1 zu l_2 sowohl positiv als negativ werden.

Es interessirt uns hier im Besonderen der dem vorigen Versuche entsprechende Fall, wo l_1 und l_2 gleichnamig und von gleicher Grösse sind.

Unter diesen Umständen ist

2) $$y = l^2 (c_1 + c_2 - k)$$

Damit der Erfahrung entsprechend y in dem letzteren Ausdruck für alle Werthe von l negativ bleibe, muss $k > c_1 + c_2$ sein. In Uebereinstimmung mit der Formel sind die in der Tab. unter p 20 verzeichneten Zahlen nahe der vierte Theil der in der folgenden Spalte p 40 stehenden.

c_1, c_2 und k sind Functionen des Abstandes r der Platte vom Goldblatte, welche sämmtlich, jedoch mit verschiedener

Geschwindigkeit, bei wachsendem r abnehmen (etwa von der Form $\frac{q_1}{r^m}, \frac{q_2}{r^n}$).

Man kann daher Gl. 2 schreiben

$$y = l^2 (fr + \varphi r - \psi r)$$

Bei irgend einer gegebenen Grösse von l haben die Ausschläge ein Maximum bei einer Plattenstellung, welche der Bedingung genügt

3) $$o = f'r + \varphi' r - \psi' r$$

Die dem Maximum entsprechende Stellung ist hiernach von der Stärke des Poles l unabhängig, womit die Resultate der Tabelle übereinstimmen.

Soll auch der Einfluss der anderen, zur Erde abgeleiteten Platte berücksichtigt werden, so ist der rechten Seite der Gl. 1 noch ein negatives Glied $- c_3 l_2^2$ hinzuzufügen, welches die Influenzwirkung der Elektricität des Goldblattes auf dieselbe repräsentirt. Der letztere Ausdruck fällt jedoch in Gl. 3 fort, so dass demnach die Lage des Maximums von der Stellung der rechten Platte unabhängig sein muss, womit die Ergebnisse der Tabelle wieder übereinstimmen.

Wird in einer Gleichung von der Form der Gl. 2 für l^2 der dynamische Bewegungsimpuls $\int_0^t E^2 dt$ eingesetzt, so kommt man zu demselben Resultat.

10. Durch den folgenden Versuch sollte festgestellt werden, ob die Einschaltung eines grösseren Widerstandes in die Leitung zwischen die Spirale und das Goldblatt einen Einfluss auf die Grösse der Ausschläge A und Ba ausübt. σ 1. 2 Gr. A wurde bei l 15 re; S 100, Ba bei l 13 r 30, $lt\ rt$ bestimmt. Die Spalte W gibt die Länge einer in die Leitung eingeschalteten Säule von käuflichem absolutem Alkohol in Centimetern an. Sp u. s. w. ist das Mittel aus 4 resp. 5, M das Mittel aus 16 resp. 10 Bestimmungen.

	A				
W	Sp	Oen	Sn	Oep	M
0	12,3	12,1	11,8	12,1	12,1
81	12,1	12,0	11,8	12,2	12,0

	B				M	
W	Sp	Oen	Sn	Oep	S	Oe
0	0,5	6,9	0,4	7,2	0,4	7,1
67	0,3	5,5	0,3	5,4	0,3	5,4
80	0,2	4,7	0,3	5,0	0,2	4,8

Die Ausschläge der ersten Art bleiben also unverändert, die der zweiten erleiden jedoch durch die Einschaltung des Widerstandes eine erhebliche Verminderung. Bei gleichbleibendem Inhalte verringert sich demnach der Schwerpunktsabstand der Spannungsfläche.

Die Ausschläge erster Art sind bei jedem Widerstande das Maass der Grösse $\int_0^t E\,dt$; die der zweiten bestimmen dagegen die Grösse $\int_0^t E^2\,dt$ nur dann, wenn die Verbindung der Spirale mit dem Elektrometer durch gute metallische Leiter hergestellt wird.

11. Unter den allgemeinen Bedingungen des vorigen Versuches wurden die Ausschläge mit und ohne Einschaltung der Weingeistsäule in die Erdleitung der secundären Spirale bestimmt.

	A				
W	Sp	Oen	Sn	Oep	M
0	12,4	11,2	12,2	12,2	12,2
80	12,6	12,1	12,2	12,2	12,3

	Ba				M	
W	Sp	Oen	Sn	Oep	S	Oe
0	0,5	7,2	0,5	7,3	0,5	7,2
80	0,2	3,3	0,3	3,1	0,3	3,2

Also dieselbe Erscheinung, Gleichbleiben der Ausschläge erster, Verminderung der Ausschläge zweiter Art.

Die vorstehenden Versuche sind öfter, stets mit demselben Resultate, wiederholt worden.

12. Auch die Ausschläge *Bb* sind, wie nach dem Vorhergehenden zu erwarten, von dem Widerstand in der Leitung abhängig.

Das Resultat ist jedoch verschieden, je nachdem derselbe in die Stammleitung oder in die zum Goldblatte führende Zweigleitung eingeschaltet wird. In dem ersten Falle beobachtet man, wie in den vorigen Versuchen, nur eine Verminderung der Grösse bei gleichbleibender Richtung. In dem zweiten Falle verkleinern sich die Ablenkungen zunächst ebenfalls, um dann aber bei wachsendem Widerstande ihre Richtung umzukehren. Der Eintritt der letzteren Erscheinung wird bei einer gegebenen Grösse des Widerstandes begünstigt durch genäherte Stellung der mit der Spirale verbundenen und durch möglichst grosse Entfernung der anderen, zur Erde abgeleiteten Platte. Beispielsweise ergab sich (einzelne Ausschl., linke Platte mit der Spirale verbunden):

1) Widerstand in der Stammleitung zwischen Spirale und Goldblatt. σ 1 2 Gr. l 15 r 14,2

	$W = 0$				$W = 36$			
Oen	−7,0	−7,4	−7,2	−7,7	−6,2	−6,2	−6,7	−6,2
Oep	−8,0	−7,2	−7,2	−7,7	−6,0	−6,2	−6,7	−6,1

2) Widerstand in der Erdleitung der Spirale. σ 1, 2 andere Gr; l 15 r 14,2

	$W = 0$			$W = 11$		
Oen	−4,7	−4,7	−3,9	−2,7	−3,2	−3,2
Oep	−4,7	−4,6	−4,7	−3,1	−3,2	−3,2

3) Widerstand in der zum Goldblatte führenden Zweigleitung. σ 3 2 Gr.

		$W = 0$		$W = 40$	
l 80 r 10	*Oen*	−4,7	−4,2	−1,1	−1,1
	Oep	−4,2	−6,0	−1,1	−1,1

		$W = 0$		$W = 40$	
*l*5 *r*30	*Oen*	−1,2	−1,0	+5,0	+3,0
	Oep	−1,2	−0,8	+5,2	+9,0

Die Umkehrung der Richtung wird durch einen Blick auf Gl. 1, Seite 84 verständlich. Bleibt der mit der Platte in Verbindung tretende Pol l_1 stets derselbe und lässt man die Spannung des mit dem Goldblatte zu vereinigenden von 0 an wachsen, so wird die statische Ablenkung für zwei Werthe von l_2 gleich Null. Zwischen ihnen liegt das Gebiet der Abstossung, zu beiden Seiten das der Anziehung. Entsprechend wird der dynamische Ausschlag seine Richtung umkehren, wenn die Spannungscurve der Elektricität des Goldblattes durch Einschaltung des Widerstandes so flach geworden ist, dass alsdann die Influenzwirkung der unveränderten Elektricität der Platte überwiegt. Auch kann die zeitliche Verschiebung der Spannungscurven von Einfluss sein.

13. Aendern sich die Ausschläge durch Einschaltung eines grösseren Recipienten in die Leitung zwischen Rolle und Elektrometer?

Bei der Versuchsanordnung *d* ist das Goldblatt direct mit der Spirale, bei *R* sind die Spirale und das Goldblatt mit den inneren Belegungen von drei grösseren Leydener Flaschen, deren äussere Belegungen zur Erde abgeleitet sind, verbunden.

σ1 2Gr.; *A*: *l*15 *re*, *S*100 · *Ba*: *l*13 *r*30, *lt rt*. *Sp* u. s. w. Mittel aus 4 resp. 5, *M* Mittel aus 16 resp. 10 Bestimmungen.

A					
	Sp	*Oen*	*Sn*	*Oep*	*M*
d	12,2	12,2	12,3	12,1	12,2
R	12,3	12,1	12,3	12,2	12,2

B			
	Oen	*Oep*	*M*
d	6,4	7,3	6,8
R	6,8	6,9	6,8
d	6,9	6,9	6,9
R	6,6	6,9	6,7

Mithin kein Unterschied wahrnehmbar.

14. Die Ausschläge erleiden wesentliche Aenderungen, sowohl der Grösse als der Richtung nach, wenn die Leitung zum Elektrometer durch eine Flamme unterbrochen wird.

Bei dem folgenden Versuche befinden sich ein kleinerer

($\sigma 3$) und zwei grössere ($\sigma 1$, $\sigma 2$) Schlittenapparate, wie immer mit Eisenkernen versehen, in einem und demselben Stromkreise (3 Grov.). Die Ausschläge erster (*A*) und zweiter Art (*Ba*) werden bei den folgenden Anordnungen α, β, γ bestimmt.

α. Die zu untersuchende secundäre Rolle ist in der gewöhnlichen Weise mit dem Elektrometer und der Erde verbunden.

β. In die Leitung zwischen der Rolle und dem Goldblatte ist als Verbindungsglied gleichartiger Platinelektroden eine isolirte Gasflamme eingeschaltet.

γ. Die Anordnung β; es befindet sich jedoch gleichzeitig noch das Ende einer Erdleitung von Kupferdraht in der Flamme. Bei dieser Disposition bilden also die beiden Erdleitungen, die Rolle und die Flamme einen geschlossenen Kreis.

Die *Gk* überschriebenen Spalten geben den grössten und den kleinsten, die Spalten *M* das Mittel von 8 (nur bei *Aa* 4) Ausschlägen, die zweite Verticalreihe die angeführten Anordnungen α, β, γ an. Auf Umkehrung der Richtung wird durch ! aufmerksam gemacht. Die Ausschläge zweiter Art sind natürlich sämmtlich der näher stehenden Platte zugekehrt.

A : *r* 15 *le*; *S* 100 · *Ba* : *l* 10 *r* 30, *lt rt*.

I. Spirale $\sigma 1$.

		Gk.				M.			
		Sp	*Oen*	*Sn*	*Oep*	*Sp*	*Oen*	*Sn*	*Oep*
A	α	+6,1 +5,5	−6,1 −5,7	−6,2 −6,1	+6,2 +6,1	+5,9	−6,0	−6,1	+6,1
	β	+7,0 +6,0	−4,2 −2	−5,0 −4,0	+17 +6	+6,4	−3,1	−4,2	+11,1
	ν	+5,3 +4,2	−Spur 0	−0,25 0	+8,5 +5,0	+5,0	0	−0,1	+7,3
B	α	Unbestimmbar.	3,2 2,2		3,2 2,4		2,8		2,9
	β		1,2 0,1		2,0 1,0		0,8		1,2
	γ		0 0		1,2 0,5		0		0,7

II. Spirale σ 2.

		Gk.				M.			
		Sp	*Oen*	*Sn*	*Oep*	*Sp*	*Oen*	*Sn*	*Oep*
A	α	+4,0 +3,75	−4,2 −4,0	−3,9 −3,75	+3,8 +3,75	+3,82	−4,11	−3,80	+3,75
	β	+9 +3,8	−3,2 −0,1	−3 −1,5	+mehr als 25 +11	+5,1	−1,7	−1,8	mehr als +14,0
	γ	+3,4 +2,3	+2,9 ! +1,0 ! sämmtl. posit.	+0,5 ! +0,2 ! +0,1 ! 0(5mal)	+10,0 +5,0	+2,7	+1,7 !	+0,1 !	+7,8
B	α		6,7 3,5		10,0 1,5		5,8		6,6
	β		2,0 0,1		2,0 0,3		0,7		1,5
	γ		0,2 Spur		3,0 0,4		Spur		1,8

III. Spirale σ 3.

		Gk.				M.			
		Sp	*Oen*	*Sn*	*Oep*	*Sp*	*Oen*	*Sn*	*Oep*
A	α	+1,1 +1,0	−1,2 −1,15	−1,2 −1,1	+1,1 +1,05	+1,05	−1,16	−1,14	+1,09
	β	+1,2 +1,0	−1,5 −0,4 einmal +0,1 !	−1,2 −0,2 zweim. pos. +2! +0,1!	+11 +3	+1,0			+7,0
	γ	+1,0 +0,5	+1,3 ! +0,1 ! sämmtl. pos.	2 mal Spur+! Spur neg. 0 (5 mal)	+4,5 +2	+0,8	+0,6 !		+1,5
B	α		1,0 0,1		1,2 0,1		0,4		0,5
	β		Spur 0		0,4 0,05		0		0,1
	γ		0 0		0,6 0,05		0		0,2

In diesem so wie in zahlreichen andern Versuchen fielen folgende Erscheinungen am Meisten in die Augen:

1. Der negative Schliessungsausschlag wird bei der Disposition γ auf Null reducirt. Der durch die Flamme geleitete Inductionsstrom wird also ebenso, wie der galvanische, an der Kathode eine verhältnissmässig grosse, und daher ein starkes Gefälle erheischende Arbeitsleistung zu verrichten haben. (Uebergangswiderstand von Prof. *Hankel.*)

2. Der negative Oeffnungsausschlag A wird bei derselben Anordnung positiv (Spirale $\sigma 2$ und $\sigma 3$) oder Null (Spir. $\sigma 1$). Die erstere Erscheinung weist darauf hin, dass bei der Oeffnung an dem nicht abgeleiteten Ende der Rolle abwechselnd positive und negative Elektricität auftritt, wovon nur die erste in die Flamme und von da zum Elektrometer gelangen kann. Derartige Alternationen sind von *Helmholtz* und *Bernstein* bereits nachgewiesen worden. Bei den Oeffnungsinductionen der Spiralen $\sigma 2$ und $\sigma 3$ wird also die Curve der Spannungen die Abscisse mehrfach schneiden; die algebraische Summe der positiven und negativen Flächenräume muss jedoch — dafür bürgt die Gleichheit der Ausschläge bei der gewöhnlichen Anordnung — der nicht zusammengesetzten Fläche der Schliessungsinduction gleich sein.

Ausnahmsweise traten jedoch auch bei *Sn* Spuren positiver Elektricität auf.

3. Der positive Oeffnungsausschlag A ist bei den Anordnungen β und γ, namentlich aber bei β, vergrössert, während gleichzeitig der correspondirende Ausschlag zweiter Art kleiner geworden ist. Diese Erscheinung kann nur zum Theile auf der Ausscheidung negativer Spannung beruhen.

15. Bei allen bis jetzt besprochenen Versuchen ging das abgelenkte Goldblatt sofort wieder in die ursprüngliche Ruhelage zurück. Anders verhielt es sich, wenn die Leitung zwischen der Spirale und dem Elektrometer durch eine dünne Schicht eines Isolators, gewöhnlich Schellack, unterbrochen wurde. Bei der Oeffnung ($\sigma 3$, 1 Gr.) traten alsdann, statt der kleinen dynamischen, grosse statische Ausschläge, oft bis zur Berührung der Platten ein. Das Goldblatt behielt mithin eine Ladung zurück. Diese letztere war bei beiden Oeffnungsinductionen bald positiv, bald negativ, so dass sich also auch auf diese Weise Alternatio-

nen zu erkennen gaben. Bei der Schliessung blieb das Goldblatt unter diesen Umständen in Ruhe.

Zum Schlusse erlaube ich mir Herrn Prof. *Ludwig* meinen herzlichen Dank für die mir gewährte Unterstützung auszusprechen.

R. Börnstein, *Ueber das Verhältniss des temporären Magnetismus zur magnetisirenden Kraft und seine Beziehungen zur Wechselwirkung der Metalltheilchen.* Vorgelegt von dem ordentlichen Mitgliede *G. Wiedemann.*

Nachdem durch Beobachtungen zahlreicher Physiker die frühere Ansicht als irrig erwiesen worden, dass zwischen dem temporären Magnetismus und der magnetisirenden Kraft Proportionalität stattfinde, erkannte man durch fortgesetzte und mit steigender Genauigkeit angestellte Versuche, dass in den Abweichungen von der Proportionalität gewisse gesetzmässige Erscheinungen stattfinden, die am Einfachsten in dem Verhalten des Quotienten $\frac{Y}{X}$ aus temporärem Magnetismus und magnetisirender Kraft studirt werden können. Es zeigte sich nämlich, dass dieser Quotient, den man auch als Magnetisirungsfunktion mit dem Namen k bezeichnet hat, für schwache magnetisirende Kräfte mit denselben wächst, dann aber während der stärkern Magnetisirung mehr und mehr abnimmt, dass also die Curve, welche das Verhältniss $\frac{Y}{X}$ graphisch darstellt, der X-Axe zuerst die convexe, dann nach Durchlaufung eines Wendepunktes die concave Seite zuwendet. Dieses Verhalten tritt um so deutlicher hervor, je weniger gestreckt die Form des untersuchten Metallkörpers ist, und je näher die kleinsten Metalltheilchen an einander liegen, während bei gestreckter Form des Magneten oder geringer Dichtigkeit der Metallmasse der Quotient $\frac{Y}{X}$ nahezu von Anfang an abnimmt, die Curve also fast in ihrem ganzen Verlauf der X-Axe die concave Seite zuwendet. Zugleich wächst im letztern Fall das auf die Gewichtseinheit bezogene magnetische Moment schneller und hat durchgehend höhere Werthe, als unter entgegengesetzten Umständen, und auch das Eintreten

der magnetischen Sättigung, wobei der Einfluss von Form und Dichtigkeit ganz aufhört, findet früher statt.

Eine solche Abhängigkeit des temporären Moments von der Gestalt des Magneten ist durch die Beobachtungen von *Joule*[1]), *Lenz* und *Jacobi*[2]), *Müller*[3]), *v. Feilitzsch*[4]), *Dub*[5]) für einzelne Stromstärken und von *Wiedemann*[6]), *Koosen*[7]), *Dub*[8]) und *Oberbeck*[9]) für den Verlauf der Magnetisirung bis nahe zur Sättigung nachgewiesen. Das Gleiche ergiebt sich aus den Versuchen von *v. Quintus Icilius, Oberbeck, Stoletow* und *Riecke*[10]), welche letzterer anführt, um nachzuweisen, dass für schwache magnetisirende Kräfte $\frac{Y}{X}$ bei der Kugel geringere Veränderungen erleidet, als beim Cylinder. Alle diese Beobachter stimmen darin überein, dass gestreckte Magnetkörper bei gleicher Magnetisirung höhere Magnetismen zeigen und mit steigender magnetisirender Kraft früher die Sättigung erreichen, als gedrungene Metallkörper von demselben Volumen.

Die Erfahrungen über den Einfluss der Dichtigkeit auf das Anwachsen des magnetischen Moments sind minder zahlreich und bekannt, als die eben angeführten Thatsachen. *Coulomb*[11]) verringerte die Dichtigkeit der zu untersuchenden Eisenmasse dadurch, dass er sie in Form von Eisenfeilspänen innig mit Wachs mengte, und fand die Anziehung solcher Gemenge durch Magnete stets dem Eisengehalt der Gemenge proportional. Wenn, wie es sehr wahrscheinlich ist, der in den Gemengen erregte Magnetismus vom Maximalwerthe weit entfernt war, so sind diese Versuche vergleichbar mit den unter Anwendung schwa-

---

1) *Joule*, Annals of El. Vol. IV p. 131, May 28, 1839, auch in Phil. Mag. [4] T. II p. 312. 1851.

2) *Lenz* u. *Jacobi*, Pogg. Ann. Bd. 47 S. 235. 1840. u. Bd. 61 S. 262. 1844.

3) *Müller*, Pogg. Ann. Bd. 79 S. 341. 1850. u. Bd. 82 S. 181. 1851.

4) *v. Feilitzsch*, Pogg. Ann. Bd. 80 S. 333. 1850.

5) *Dub*, Pogg. Ann. Bd. 90 S. 259. 1853. u. Bd. 94 S. 581. 1855.

6) *Wiedemann*, Galvanismus II § 303. 1863.

7) *Koosen*, Pogg. Ann. Bd. 85 S. 160. 1852.

8) *Dub*, Pogg. Ann. Bd. 133 S. 85. 1868.

9) *Oberbeck*, Pogg. Ann. Bd. 135 S. 90. 1868.

10) *Riecke*, Nachrichten aus der Kgl. Ges. d. Wissensch. und der G. A. Univers. zu Göttingen, Nr. 26, den 13. November 1872.

11) *Coulomb*, s. *Biot*, Traité de physique T. III p. 121. 1816.

cher magnetisirender Kräfte an Eisenstäben gemachten Beobachtungen, und es zeigt alsdann die geringe Dichtigkeit der Eisenmasse denselben Einfluss, wie die gestreckte Form, nämlich Verstärkung des Magnetismus bei schwachen magnetisirenden Kräften. Ferner untersuchte *Plücker*[1]) Eisen massiv, staubförmig und in fein vertheiltem Zustande mit Schmalz gemengt, und fand die Anziehung durch den Elektromagneten um so grösser, je geringere Dichtigkeit das Metall besass. Es ergaben sich nämlich für den Magnetismus von 1 Gr. Eisen die Zahlen:

im massiven Eisen	27,00 Gr.
im staubförmigen Eisen	30,32 Gr.
in der Schmalzmischung	33,28 Gr.,

wobei als Maass diejenige Kraft diente, welche den untersuchten Körper von den Polen des Elektromagneten abzureissen vermochte. Ganz Aehnliches zeigte sich bei der Untersuchung verschiedener Schmalzmischungen und bei verschieden verdünnten Lösungen von Eisenchlorür.

Endlich habe ich, um den Einfluss der Dichtigkeit auf den Gang der Magnetisirung definitiv festzustellen, auf Anregung des Herrn Professor *Wiedemann* folgende Versuche gemacht. Ich bereitete auf chemischem Wege Stäbe, welche die magnetisirbaren Metalle Eisen, Nickel und Kobalt chemisch rein, theils ohne Zusatz, theils innig gemengt mit Thonerde enthielten. Zu diesem Zwecke wurden die Metalle in Säuren gelöst, dann aus verschiedenen Portionen dieser Lösungen mit oder ohne Zusatz von Alaunlösung die Metalloxyde für sich respektive zusammen mit der Thonerde in inniger Mengung durch Ammoniak gefällt, die Niederschläge abfiltrirt, gewaschen, getrocknet, zerrieben und schliesslich in Glasröhren unter Einwirkung von Wasserstoff im Verbrennungsofen reducirt. Die so erhaltenen staubförmigen Massen wurden durch Einschieben passender Korke von beiden Seiten abgeschlossen und stellten in diesem Zustande Stäbe dar, welche die Metalle fein vertheilt in verschiedenen Dichtigkeiten enthielten. Diese Stäbe wurden in eine 198 Mm. lange Magnetisirungsspirale eingeschoben, die in 10 Lagen 534 Windungen isolirten Kupferdrahtes von 1,5 Mm. Dicke enthielt. Ihre von Ost nach West gerichtete Axe lag um 130 Mm. senk-

1) *Plücker*, Pogg. Ann. Bd. 74 S. 334. 1849.

recht unter der Normale eines Stahlmagneten, der in horizontaler Richtung um 300 Mm. vom Ende der Spirale entfernt war. Derselbe bestand aus einer kreisförmigen Scheibe von 20 Mm. Durchmesser, war auf der dem Beobachter zugewandten Seite mit einer spiegelnden Glasplatte bedeckt und schwebte an einem feinen Coconfaden. Er diente als Galvanometernadel. Zur Ablesung seiner Ablenkung diente ein Fernrohr mit Skala, die Entfernung zwischen Spiegel und Skala betrug 1650 Mm. Um die ablenkende Wirkung der zu untersuchenden magnetischen Körper deutlich hervortreten zu lassen, wurde die von der Spirale herrührende Ablenkung zum grössten Theile durch einen einfachen Drahtkreis compensirt, welcher in unmittelbarer Nähe der Magnetnadel auf der von der Spirale abgewandten Seite angebracht war und von dem in der Spirale wirkenden Strom durchflossen wurde. Die Glasröhren, welche das zu untersuchende Material enthielten, wurden gerade von der innersten Windungslage der Spirale umschlossen; jede von ihnen trug an einem Ende einen schmalen Kautschukring, durch welchen das Einschieben in die Spirale derartig geregelt wurde, dass die mittelsten Querschnitte von Spirale und Stab jedesmal zusammenfielen, wenn letzterer so weit eingeschoben war, dass sein Kautschukring an die Endplatte der Spirale stiess. Die Beobachtungen geschahen dann so, dass nach Bestimmung der Ruhelage des Galvanometers ein elektrischer Strom in der Spirale erregt, der Magnetstab bis zum Kautschukring ohne Erschütterung eingeschoben, wieder ebenso herausgezogen und endlich der Strom geöffnet wurde, wobei jedesmal der Stand des Galvanometers abgelesen worden war. Solcher Sätze, deren jeder die magnetisirende Kraft aus zwei und den temporären Magnetismus aus einer Ablenkung ergab, wurden je drei hinter einander gemacht, und daraus im Gesammtmittel die in den nachfolgenden Tabellen mitgetheilten Zahlen berechnet. Jeder Stab wurde der Einwirkung von Strömen in stufenweise wachsender Stärke ohne längere Unterbrechung ausgesetzt, und dabei in kurzen Zwischenräumen der etwa zurückgebliebene permanente Magnetismus untersucht. In den ersten Tabellen, welche einige mit solchen Stäben gemachte Vorversuche enthalten, giebt die Columne *P. M.* den permanenten Magnetismus, der z. B. bei Stab I die Grösse der Beobachtungsfehler nicht überstieg, X und Y bedeuten magnetisirende Kraft und gesammten Magnetis-

mus, Y' bei Stab II den Magnetismus reducirt auf die in III enthaltene Eisenmenge. Alle Zahlen beziehen sich auf die in Millimeter getheilte Skala.

Stab I.

Inhalt: 46,881 Gr. Gemenge von Eisen und Thonerde, Länge 183 Mm. Dicke 18 Mm.

$P.M.$	X	Y	$\frac{Y}{X} 10^4$
0	43,40	1,83	422
	66,28	2,72	410
	81,65	2,95	300
	86,45	3,50	405
	112,00	3,62	323
	130,25	4,28	329
0	145,53	3,77	259

Stab II.

Inhalt: 21,086 Gr. Eisen
32,027 Gr. Thonerde   Länge 185 Mm.   Dicke 18 Mm.
53,113 Gr.

$P.M.$	X	Y	$\frac{Y}{X} 10^4$	Y'
0	10,58	8,57	8100	19,94
	15,18	12,05	7938	28,04
	23,85	18,53	7774	43,12
1,0	35,17	27,03	7686	62,89
	47,30	35,30	7463	82,52
	59,15	42,15	7126	98,08
2,5	68,98	43,97	6374	102,31
	86,23	51,97	6027	120,93
	96,98	57,57	5936	134,38
5,0	121,95	69,38	5689	161,44
	136,88	75,58	5522	175,87
9,0				

Stab III.

Inhalt: 49,064 Gr. Eisen. Länge 142 Mm. Dicke 18 Mm.

$P.M.$	X	Y	$\frac{Y}{X} 10^4$
0	10,47	7,60	7259
	17,78	13,25	7452
0,2	26,47	19,85	7499
	42,38	32,88	7758
	51,28	39,90	7781

P.M.	X	Y	$\frac{Y}{X}10^4$
2,0	65,68	51,58	7853
	83,73	64,70	7727
	96,45	78,42	8131
8,0	112,47	93,15	8282
	121,62	101,78	8369
14,0			

Stab IV.

Inhalt: 55,197 Gr. Gemenge von Nickel und Thonerde. Länge 135 Mm. Dicke 18 Mm.

P.M.	X	Y	$\frac{Y}{X}10^4$
0	21,62	2,20	1018
	30,17	2,33	772
	42,50	2,42	569
	54,17	2,33	430
	58,82	2,12	360
0			

Stab V.

Inhalt: 27,413 Gr. Nickel. Länge 50 Mm. Dicke 18 Mm.

P.M.	X	Y	$\frac{Y}{X}10^4$
0	17,00	90,05	5297
	21,50	104,73	4871
6,0	36,60	148,20	4049
	55,67	189,35	3401
25,0	69,93	218,07	3118
	83,08	239,52	2884
	88,52	250,83	2834
52,0			

Stab VI.

Inhalt: 35,443 Gemenge von Kobalt und Thonerde. Länge 187 Mm. Dicke 18 Mm.

P.M.	X	Y	$\frac{Y}{X}10^4$
0	23,73	0,82	346
	31,00	1,05	339
	45,68	1,07	234
	55,42	1,17	211
	57,20	1,32	231
0			

Stab VII.

Inhalt: 26,489 Gr. Kobalt. Länge 82 Mm. Dicke 18 Mm.

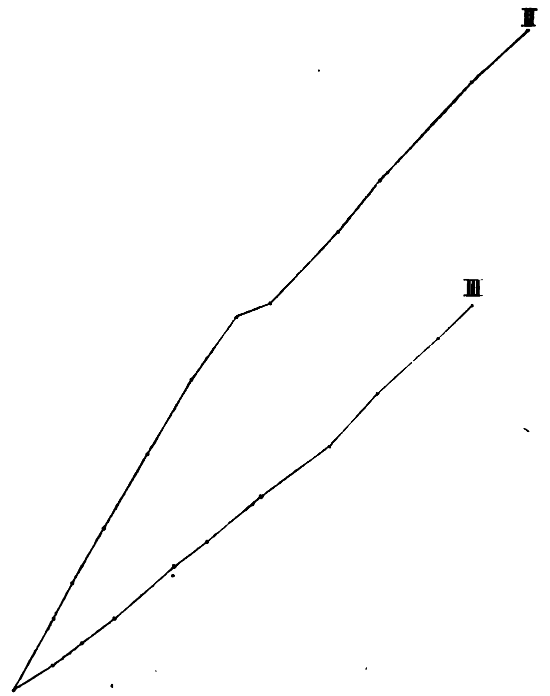
P. M.	X	Y	$\frac{Y}{X} 10^4$.
0	20,40	2,60	1275
	32,93	3,17	963
	50,05	4,02	803
	62,73	4,40	701
	75,58	5,12	677
	84,48	5,25	621
	88,82	5,52	622
0			

Die Vergleichung der Tabellen zeigt, dass bei allen drei untersuchten Metallen der Quotient $\frac{Y}{X}$ um so schneller abnimmt, je geringere Dichtigkeit der untersuchte Metallkörper besass. Beim Kobalt tritt dies am Wenigsten hervor, vermuthlich, weil das reine Kobalt nicht genügend zusammengepresst war und einen zu grossen Raum einnahm. Die Beobachtungen mit den Stäben II und III sind auf gleiche Gewichtsmengen reducirt und in Curven zur Anschauung gebracht (Fig. I a. f. S.), nachdem der Eisengehalt in II durch Titriren mit übermangansaurem Kali bestimmt worden war. Dabei zeigt sich in der That der Magnetismus der weniger dichten Masse in II durchgängig grösser als der des reinen Eisens in III, und man darf dem entsprechend annehmen, dass beide Curven sich erst vereinigen, wenn III bei dem von II schon früher erreichten Sättigungspunkt anlangt. Da ich indessen bei diesen Versuchen nicht über 6 Zink-Kohlen-Elemente zur Stromerzeugung anwandte, sind die Stäbe II und III vom Maximum der Magnetisirung weit entfernt geblieben, während I dasselbe bereits erreicht hat.

Die bisher geschilderten Versuche hatten indess den Mangel, dass sie nur zum geringsten Theil eine quantitative Vergleichung gestatteten. Es war nämlich unmöglich gewesen, mit der benutzten Anordnung der Apparate und bei gleichbleibender Empfindlichkeit des Galvanometers passende Ausschläge durch alle 7 untersuchten Substanzen zu erzielen. Daher hatte ich nach der Untersuchung der Stäbe I bis III die oben geschilderte Spirale um 98 Windungen in 3 Lagen vermehrt, die Magnetnadel durch Hinlegen eines umgekehrt gerichteten passen-

den Stahlmagneten fast astatisch gemacht und die zur Compensation der direkten Stromwirkung angewandte eine Windung durch drei Windungen ersetzt. So wurden die Stäbe V und VII an einem Tage, die Stäbe IV und VI unter wenig veränderten

Fig. I.



Umständen zwei Tage später untersucht. Um nun aber eine Controle für das Bisherige zu haben, und zugleich das magnetische Verhalten der reinen Metalle Eisen, Nickel und Kobalt unter einander vergleichen zu können, stellte ich auf die oben beschriebene Weise noch 4 Magnetstäbe her. Die Substanzen befanden sich diesmal in Glasröhren von nur 10 Mm. Weite und waren in denselben zwischen Korken stark zusammengepresst worden. Die benutzte Spirale war dieselbe, welche bei I bis III angewandt worden war, befand sich aber näher am Galvanometer, als vorher. Zum Einschieben in die Spirale waren die

Stäbe durch Korkringe in weiteren Glasröhren befestigt, welche genau in die Spirale hineinpassten, und die oben beschriebenen Kautschukringe trugen. Das Galvanometer war nicht astasirt, zur Compensation dienten zwei Windungen, die Entfernung zwischen Magnetspiegel und Skala des Fernrohrs war auf 2350 Mm. vermehrt worden. Unter diesen verbesserten Bedingungen untersuchte ich die Stäbe VIII und IX neben einander für gleiche Stromstärken, ebenso X und XI neben einander. Die Bezeichnungen in den folgenden Tabellen sind dieselben, wie vorher, Y' bezeichnet den Magnetismus reducirt bei IX auf die in VIII enthaltene Gewichtsmenge, bei XI auf die in X enthaltene Gewichtsmenge Metall. Die magnetisirende Kraft wurde erzeugt durch 1 bis 8 Zink-Kohlen-Elemente. Die Resultate dieser Beobachtungen sind folgende:

Stab VIII.

Inhalt: 24,285 Gr. Eisen. Länge 204 Mm.

X	$P.M.$	Y	$\frac{Y}{X} 10^4$
13,04	0	7,47	5729
15,28		11,00	7199
21,84		16,32	7465
25,02		20,72	8281
36,38		32,73	8942
37,70	3,0	34,42	9130
40,14		42,53	10595
40,21		42,83	10652
	4,0		

Stab IX.

Inhalt: 9,017 Gr. Eisen
10,354 Gr. Thonerde Länge 211 Mm.
19,371 Gr.

X	$P.M.$	Y	Y'	$\frac{Y'}{X} 10^4$
wie bei VIII.	0	5,55	14,95	11465
		6,50	17,50	11454
		9,93	26,74	12244
		12,58	33,88	13541
		20,15	54,26	14915
	1,0	21,37	57,55	15265
		26,15	70,42	17544
		26,22	70,61	17560
	8,0			

Stab X.

Inhalt: 25,515 Gr. Nickel. Länge 160 Mm.

X	$P.M.$	Y	$\frac{Y}{X}10^4$
16,03	0	25,57	15951
28,78		51,13	17766
33,49	5,0	66,43	19840
41,26		87,33	21166
46,25	14,0	108,37	23648
47,61		115,68	24297
48,78	22,5	119,55	24508
52,29		127,50	24383
	26,0		

Stab XI.

Inhalt: 18,961 Gr. Kobalt. Länge 190 Mm.

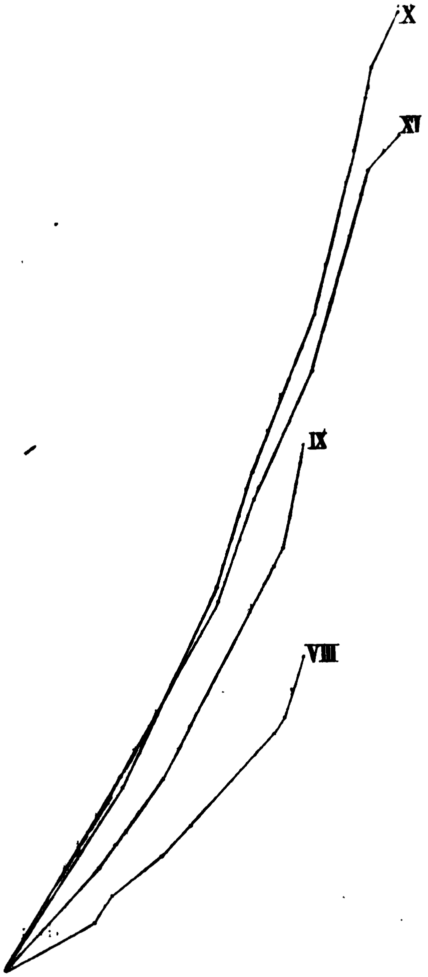
X	$P.M.$	Y	Y'	$\frac{Y'}{X}10^4$
wie bei X.	0	19,70	26,51	16538
		36,68	49,36	17150
	3,0	46,92	63,14	18853
		59,68	80,31	19464
	6,0	69,92	98,13	21216
		77,18	103,86	21814
	9,0	79,18	106,55	21843
		83,92	112,93	21596
	10,0			

Die graphische Darstellung dieser Ergebnisse (Fig. II a. f. S.) liefert ein deutliches Bild sowohl von dem Einfluss der Verdünnung des Eisens durch beigemengte Thonerde als auch von dem verschiedenen Fortschreiten des Magnetismus in Eisen, Nickel und Kobalt. Da die zu Grunde gelegten Gewichtsmengen sich auf die Stäbe VIII und X beziehen, deren Inhalt an Gewicht fast gleich war, so können sie ohne Weiteres direkt mit einander verglichen werden. Dabei zeigen sie Magnetismen, deren Grösse Anfangs die Reihenfolge VIII, IX, X, XI bildet, streben aber dann dem Sättigungspunkt um so rascher zu, je weiter sie in dieser Reihe stehen. Nehmen wir, wie sich experimentell mehrfach ergeben hat, an, dass das Eisen in höherem Grade magnetisirbar ist, als Nickel und Kobalt, und Nickel in höherem Grade als Kobalt, so ist nach dem Bisherigen die Annahme geboten, dass die Aufeinanderfolge sich schliesslich umkehrt, d. h. dass zuerst XI den Sättigungspunkt erreicht, dann X mit grösserm Magnetismus, endlich mit noch grösserm Magnetis-

mus IX und darauf mit *demselben* Magnetismus VIII. Die unmittelbare Anschauung dieser Curven, die offenbar durch Aenderung von Constanten leicht in einander übergeführt werden können, ergiebt den Satz:

Man kann durch Beimengen einer nicht magnetisirbaren Substanz dem Eisen die magnetische Natur des Nickels oder des Kobalts, und ebenso dem Nickel die magnetische Natur des Kobalts verleihen, sofern man von der in dem betreffenden Körper vorhandenen absoluten Gewichtsmenge des Metalls als von einem constanten Faktor des Magnetismus absieht.

Fig. II.



Ferner dürfte durch die bisherigen Betrachtungen der exakte Beweis dafür geliefert sein, *dass das Fortschreiten des temporären Magnetismus denselben Veränderungen unterworfen wird, wenn man die in der Richtung der magnetisirenden Kraft liegende Dimension auf Kosten der anderen Dimensionen vergrössert,*

oder wenn man die kleinsten Theilchen des Magneten von einander entfernt. Welcher Art diese Veränderungen sind, ist bereits in der Einleitung gesagt worden.

Theoretisch abgeleitet ist ein ähnliches Resultat bereits von *Neumann* [1], indem er für das magnetische Moment eines Rotationsellipsoides aus weichem Eisen in der Richtung der Rotationsaxe den Ausdruck fand:

$$P = \frac{\varkappa v M}{1 + \varkappa C}$$

Darin ist v das Volumen des Ellipsoides, M der als magnetisirende Kraft benutzte Erdmagnetismus, C eine von der Gestalt des Ellipsoides abhängige Constante, die mit wachsender Rotationsaxe abnimmt, nämlich:

$$C = 4\pi\sigma(\sigma^2 - 1)\left\{\frac{1}{2}\log\frac{\sigma+1}{\sigma-1} - \frac{1}{\sigma}\right\},$$

wo σ die reciproke Excentricität des Ellipsoides bedeutet, oder mit Vernachlässigung höherer Potenzen von $\frac{1}{\sigma}$:

$$C = \frac{4}{3}\pi\frac{r^2}{a^2},$$

wo r die Rotationsaxe, a der Durchmesser des grössten Kreisschnittes des Ellipsoides ist, und $\varkappa$ ist eine von der Beschaffenheit des Eisens abhängige Constante. Wäre der Vorgang der Magnetisirung unabhängig von Gestalt und Material des Magneten, d. h. wirkten die kleinsten Theilchen nicht aufeinander, so verschwände der Einfluss von $\varkappa$ und C, und es wäre unter allen Umständen P direkt proportional mit vM. Die Wechselwirkung führt also den Faktor:

$$\frac{\varkappa}{1 + \varkappa C}$$

in die Rechnung ein, welcher mit zunehmendem $\varkappa$ und mit abnehmendem C wächst. Es bedeutet aber die Zunahme von $\varkappa$ eine Aenderung des Materials, und zwar nach den oben beschriebenen Versuchen eine Abnahme der Dichtigkeit; der Abnahme von C entspricht ein stärkeres Hervortreten der gestreckten Form des Ellipsoides, und beide Veränderungen bewirken ein Wachsen des magnetischen Moments. Es liegt die Frage nahe, durch welche Beziehung zwischen diesen beiden verschiedenen Vorgängen die gleiche Wirkung derselben erklärt werde. Der erste

1) *Neumann*, Crelles Journal Bd. 37, S. 44. 1848.

Schritt zur Lösung dieser Frage wurde von *Wiedemann*[1]) gethan, indem er mit Zugrundelegung der Hypothese von den drehbaren Molekularmagneten die Unregelmässigkeiten im Fortschreiten des Magnetismus den Veränderungen zuschrieb, welche die Wechselwirkung der Molekularmagnete bei deren allmähliger Einstellung in die magnetische Lage erleiden müsste. Dass diese Annahme mit den experimentell bekannt gewordenen Thatsachen völlig übereinstimmt, soll im Folgenden gezeigt werden. Wir nehmen, wie bereits erwähnt, an, dass der zu betrachtende Metallkörper aus drehbaren Molekularmagneten besteht, die im unmagnetischen Zustande des ganzen Körpers eine solche gemeinsame Gleichgewichtslage haben, dass keine Richtung in magnetischer Beziehung ausgezeichnet ist, die aber ihre magnetischen Axen unter dem Einfluss einer magnetisirenden Kraft allmählig in deren Richtung einstellen. Wenn nun zwischen den Molekularmagneten Wechselwirkungen stattfinden, auf deren Vorhandensein wir aus ihren Veränderungen schliessen, so folgt aus dem Einfluss der Dichtigkeit des Metalles auf diese Wechselwirkungen, dass die letzteren in sehr kleinen Entfernungen wirksam sind, und aus dem Einfluss der äussern Gestalt des Magneten ergiebt sich, dass die Wechselwirkungen der Theilchen auch in endlichen Entfernungen von Einfluss sein müssen, weil nämlich eine Aenderung der äussern Gestalt den Betrag molekularer Kräfte höchstens für die äusserste Oberflächenschicht modificiren könnte. Die Wechselwirkungen, welchen jedes einzelne Theilchen unterworfen ist, können nun in je zwei Componenten zerlegt werden, Längswirkung in der Richtung der magnetisirenden Kraft und Querwirkung senkrecht darauf. Von vorn herein ist klar, dass die Längswirkung der Magnetisirung günstig, die Querwirkung derselben ungünstig gerichtet ist, und daraus ergiebt sich die Thatsache, dass gestreckte Magnete der Längswirkung also auch der Magnetisirung günstigere Bedingungen darbieten als gedrungene. Die hierher gehörigen Versuche von *v. Quintus-Icilius*[2]) mit Ellipsoiden und von *Stoletow*[3]) mit einem geschlossenen Ringe ergeben Magnetisirungsfunktionen k und (k), die sich ebenso von einander unterscheiden, wie die Magne-

---

1) *Wiedemann*, Pogg. Ann. Bd. 117 S. 200. 1862.
2) *v. Quintus-Icilius*, Pogg. Ann. Bd. 121 S. 127. 1864.
3) *Stoletow*, Pogg. Ann. Bd. 146 S. 461. 1872.

tisirungsfunktion eines kurzen Eisenstabes von der eines sehr viel längern. Wenn man nämlich einen geschlossenen Ring und einen geraden Stab von gleicher Länge der Einwirkung gleicher magnetisirender Kräfte unterwirft, so erhält der Ring wegen der weit stärkeren Längswirkung ein Anfangs viel grösseres magnetisches Moment. Die Magnetismen beider Körper näheln sich aber allmählig bis zum Eintritt der magnetischen Sättigung dem gleichen Maximum. *Stoletow* hat dies Verhältniss graphisch sehr deutlich zur Anschauung gebracht[1]).

Die Beziehungen zwischen Dichtigkeit des Materials und Wechselwirkung der Theilchen führen in Bezug auf die letztere noch zu folgenden Schlüssen. Am Eisen, Nickel und Kobalt haben wir die Erfahrung gemacht, dass verdünntes Metall, in welchem die Wechselwirkung der Theilchen mehr oder weniger gehemmt ist, der Magnetisiruug überhaupt günstigere Bedingungen darbietet, als massives Metall. Demnach ist der Gesammtbetrag der Wechselwirkung, welcher in Differenz von Quer- und Längswirkung besteht, der Magnetisirung ungünstig, wirkt in demselben Sinne wie die Querwirkung, und folglich überwiegt die Querwirkung in allen zur Beobachtung gekommenen Fällen. Ferner zeigen die Stäbe verschiedener Dichtigkeit Magnetismen,

1) Ebendas. Fig. 13 Taf. VI. In einem neuern Aufsatz (Pogg. Ann. Bd. 151 S. 317 Anm. 1874) erklärt Herr *Stoletow* die Bemerkung des Herrn *Wiedemann* (Galvanismus II S. 518. 1873) für nicht genügend motivirt, dass die Funktionen k und (k) nicht mit einander verwechselt werden dürften. Abgesehen von der früher durch Herrn *Stoletow* ausgesprochenen Verschiedenheit beider Funktionen lässt sich auch zeigen, dass Ring und Stab von gleicher Länge sich bei den verschiedenen Untersuchungsmethoden durchaus nicht analog verhalten können. Werden erstens ceteris paribus beide Körper temporär magnetisirt, so erlangen sie durch gleiche magnetisirende Kräfte nicht gleiche temporäre Momente, wie im Text gezeigt. Oeffnet man zweitens den magnetisirenden Strom und beobachtet die stattfindende Induktion in einer zweiten Spirale, so entspricht diese der Differenz des temporären und des remanenten Magnetismus, beide sind aber im Ringe grösser als im Stabe, namentlich letzterer. Wird drittens der magnetisirende Strom rasch umgekehrt (Beobachtungsmethode des Herrn *Stoletow*), so entspricht der Induktionsstrom in jedem Fall dem doppelten temporären Moment unter der vielleicht nicht ganz exakten Voraussetzung, dass die beiderseits gerichtete Magnetisirung gleich sei. Die temporären Momente aber waren nicht dieselben, also auch nicht die Induktion. Damit dürfte die Verschiedenheit der Funktionen k und (k) erwiesen sein.

deren Unterschiede mit steigender Magnetisirung abnehmen und mit eintretender Sättigung ganz verschwinden. Der Einfluss der Dichtigkeit ist aber gleichlaufend mit der Wechselwirkung, also nimmt auch die gesammte Wechselwirkung mit steigender Magnetisirung ab. Uebrigens leitet auch schon die blosse Anschauung eines Systems von Molekularmagneten, die allmählig in die parallele Lage eingestellt werden, zu der Annahme, dass mit fortschreitender Einstellung die gegenseitige Einwirkung der Theilchen in der Querrichtung abnimmt, in der Längsrichtung wächst.

Eine mathematische Theorie der allmähligen Magnetisirung eines aus drehbaren Molekülen bestehenden Metallkörpers ist bereits vor mehr als zwei Jahrzehnten von *Weber*[1]) gegeben worden. Er betrachtet ein Molekül unter Einwirkung einer magnetisirenden Kraft X, deren Richtung mit der magnetischen Axe des Moleküls ursprünglich den Winkel u bildet. Nach geschehener Ablenkung des Moleküls um einen Winkel φ aus seiner Ruhelage befindet es sich im Gleichgewicht, indem der Wirkung der magnetisirenden Kraft nun die in der Wechselwirkung der Moleküle begründete zurücktreibende Kraft gleichkommt. Diese letztere Kraft wächst nach *Weber* mit der Grösse der Ablenkung φ, er setzt sie demnach gleich:

$$D \sin \varphi,$$

wo D eine constante Grösse, die molekulare Direktionskraft, ist. Die Zunahme des nach der Richtung der Kraft X zerlegten magnetischen Moments des Moleküls ist:

$$x = \mu \left\{ \frac{X + D\cos u}{\sqrt{X^2 + D^2 + 2XD\cos u}} - \cos u \right\},$$

wobei μ das ganze magnetische Moment eines Moleküls bezeichnet. Hierin ist nach bekannten Gesetzen φ durch eine Funktion des Winkels u und der Kraft X ersetzt, so dass der Ausdruck neben u nur noch Grössen enthält, die von u unabhängig sind. Für ein System von n Molekülen, deren magnetische Axen ursprünglich nach allen Richtungen des Raumes ohne Unterschied gerichtet sind und mit der Richtung der magnetisirenden Kraft in beliebigen Ebenen die Winkel von 0 bis π bilden, ergiebt

---

1) *W. Weber*, Elektrodynamische Massbestimmungen, insbes. über Diamagnetismus. Abh. d. math.-phys. Classe der Kgl. Sächs. Ges. der Wissensch. Bd. I. S. 570. 1852. mit der Verbesserung Bd. V. S. 292. 1861.

sich dann unter Einwirkung der magnetisirenden Kraft X das magnetische Moment in der Richtung der letztern:

$$Y = \frac{n}{2}\int_0^{\pi} x \sin u\, du, \text{ und daraus}$$

$$Y = \tfrac{2}{3} n \mu \frac{X}{D}, \text{ wenn } X < D,$$

$$\text{und } Y = n\mu\left(1 - \tfrac{1}{3}\left(\frac{D}{X}\right)^2\right), \text{ wenn } X > D.$$

Es würde danach also im Anfang der Magnetisirung, solange $X < D$, Proportionalität zwischen X und Y stattfinden, später, wenn $X > D$, Y langsamer wachsen, als X. Nimmt man in dieser Weise an, dass D constant sei, so wird die graphische Darstellung des Verhältnisses zwischen X und Y Anfangs geradlinig verlaufen und dann in eine Curve mit regelmässig abnehmender Krümmung übergehen, welche der X-Axe stets die concave Seite zuwendet und sich asymptotisch einer Parallele zur X-Axe nähert. Alsdann ist die Kraft D einer Elasticitätsäusserung vergleichbar, die von der Einwirkung der unmittelbar benachbarten Theilchen auf das betrachtete System von Molekülen herrührt und im Verhalten eines jeden unmagnetischen Körpers Analogien findet. Wirklich kann man magnetisirbare Körper herstellen, für die sich aus der Gestalt der Magnetisirungscurven D als nahezu constant ergiebt, z. B. die Stäbe I, IV, VI; dies sind indessen gerade solche Körper, bei welchen die magnetische Wechselwirkung der Moleküle sich der Wahrnehmung entzieht. In denjenigen Körpern hingegen, deren Moleküle einander nahe liegen, sind die Aenderungen des Magnetismus derartig, dass man für sie D nicht als constant betrachten darf. Diejenigen Beobachtungen nämlich, bei welchen geringe Stromstärken zur Anwendung kamen, haben gezeigt, dass bei rein metallischen Magnetkörpern Anfangs der Magnetismus schneller wächst, als die magnetisirende Kraft, und wenn einzelne Physiker noch immer für schwache Stromstärken eine Proportionalität zwischen X und Y annehmen, so ist dies nur möglich, indem sie gewisse Abweichungen des Quotienten $\frac{Y}{X}$ von einem Mittelwerth vernachlässigen, die zwar an sich klein sind, aber durchaus gesetzmässigen Verlauf zeigen. Insbesondere könnte der zur Zeit von *Webers* Betrachtung noch nicht bekannte Wendepunkt, welcher bei experimentell gezeichneten Magnetisirungscurven

deutlich hervortritt, in keiner Weise mit der Annahme erklärt werden, dass D constant sei.

Zur Erzielung völliger Uebereinstimmung zwischen Erfahrung und Theorie ist es nöthig, D als Summe zweier Kräfte anzusehen. Die eine derselben ist constant, wirkt nur in unendlich kleinen Entfernungen und ihre Discussion gehört in das Gebiet der allgemeinen Elasticitätslehre, die andere dagegen ist rein magnetischer Natur, in jeder Entfernung wirksam und nimmt, da sie mit dem bereits erwähnten Ueberwiegen der Querwirkung identisch ist, mit steigender Magnetisirung ab. Der constante Theil von D käme in Betracht bei einer Theorie des remanenten Magnetismus, wobei sich vielleicht interessante Beziehungen zur elastischen Nachwirkung ergeben würden. Dagegen ist der Einfluss der Gestalt ausschliesslich und der der Dichtigkeit des magnetisirten Materials vorzugsweise der veränderlichen magnetischen Wechselwirkung der Theilchen zuzuschreiben, und daher wollen wir im Folgenden zunächst ohne Berücksichtigung der elastischen Nachwirkung nur diesen Antheil der die Theilchen treffenden Kraft betrachten und denselben mit $D \sin \varphi$ bezeichnen. Alsdann muss mit wachsendem φ die Grösse $D \sin \varphi$ abnehmen, wie oben gezeigt, also ist abweichend von *Webers* Annahme D eine derartige Funktion von u und φ, dass sie mit wachsendem φ schneller abnimmt, als $\frac{1}{\sin \varphi}$. Zugleich sehen wir, dass unter dieser Annahme die von *Weber* ausgeführte Integration nicht mehr statthaft ist, weil die Grösse x alsdann die von einander abhängigen Variabelen u und φ neben einander enthält. Um dennoch die Rechnung exakt durchzuführen, wäre nothwendig, der Grösse D, welche von u und φ abhängt und demnach für jedes einzelne Molekül einen besonderen Werth hat, eine solche Form zu geben, dass sie nur noch u enthält, und diese an sich nicht einfache Transformation müsste zugleich auch derartig beschaffen sein, dass die nachherige Integration nach du nicht unmöglich würde. Abgesehen von diesen exakten Operationen genügen indessen auch schon die im Vorhergehenden ausgesprochenen Eigenschaften der Wechselwirkung, um die Widersprüche zwischen Theorie und Beobachtung zu heben. Um dies nachzuweisen, fügen wir zu den *Weber*'schen Formeln noch die Modifikation, dass D eine Grösse sei, die mit wachsendem X immer geringere Werthe annehme. So-

lange nun für das betrachtete System von Molekülen der Mittelwerth von D grösser ist, als X, wird dem Ausdruck:

$$Y = \tfrac{2}{3} n \mu \frac{X}{D}$$

eine der X-Axe zugewendete Convexkrümmung der Magnetisirungscurve entsprechen, da D abnimmt, also

$$\frac{Y}{X} = \tfrac{2}{3} \frac{n\mu}{D}$$

wächst.

Ist im Mittel $D = X$, so hört das Wachsen der Magnetisirungsfunktion auf, die Curve zeigt einen Wendepunkt und geht in den Theil über, wo im Mittel D kleiner als X ist, und wo die Gleichung gilt:

$$Y = n\mu \left(1 - \tfrac{1}{3} \left(\frac{D}{X}\right)^2\right).$$

Hier ist:

$$\frac{Y}{X} = \frac{n\mu}{X} \left(1 - \tfrac{1}{3} \left(\frac{D}{X}\right)^2\right)$$

und nimmt mit wachsendem X ab, denn:

$$\frac{d\left(\frac{Y}{X}\right)}{dX} = -\frac{n\mu}{X^2} \left(1 - \left(\frac{D}{X}\right)^2\right) < 0.$$

Diese von dem Abnehmen der Grösse D herrührenden Vorgänge treten um so stärker hervor, je mehr durch Form und Dichtigkeit des Metallkörpers die magnetische Wechselwirkung begünstigt wird. Sie sind kaum merkbar bei den stark verdünnten Stäben I, IV, VI, in welchen von Anfang an geringe Wechselwirkungen stattfinden, volle und deutliche Anwendung aber finden die vorstehenden Betrachtungen im Verhalten der rein metallischen Magnete III, VIII, X, XI, und zwar vorzugsweise bei Anwendung schwacher magnetisirender Kräfte.

Während im Bisherigen ausschliesslich die Einflüsse von Gestalt und Dichtigkeit des Magneten betrachtet wurden, besteht ferner eine noch nicht erwähnte Folge der Wechselwirkung darin, dass auch die absolute Grösse eines Magnetkörpers von gleichbleibender Form den Gang der Magnetisirung beeinflussen muss, weil vom Volumen die ganze Grösse der Wechselwirkung, und demnach der Betrag abhängt, um welchen die Querwirkung überwiegt. Es ist also streng genommen unrichtig, die Magnetisirungsfunktionen gleichgestalteter Körper von verschiedener Grösse vor erreichter Sättigung als gleich anzusehen, vielmehr muss das

magnetische Verhalten eines Körpers sich von dem eines ähnlichen kleinern Körpers ebenso unterscheiden, wie von dem eines gestrecktern oder in höherm Grade verdünnten Körpers mit gleichem Metallgehalt. Diese Anschauung findet sich experimentell bestätigt in den Beobachtungen von *Fromme*[1], welcher bei der Magnetisirung verschiedener Eisenkugeln wahrnahm, dass das Maximum von $\frac{Y}{X}$ d. h. der Wendepunkt der Magnetisirungscurve um so früher erreicht wird, je kleiner das Volum der Kugel ist. Die Volumina der vier von ihm untersuchten Kugeln lagen zwischen 36156,46 und 13984,23 Cubikmillimeter, ihre specifischen Gewichte zwischen 7,71851 und 7,82421. Herr *Fromme* schreibt zwar die erwähnte Verschiedenheit im magnetischen Verhalten den Unterschieden der specifischen Gewichte zu, indessen macht eine Vergleichung dieser Zahlen es schon wahrscheinlich, dass die Verschiedenheit der Volumina von grösserm Einfluss war, als die der specifischen Gewichte, abgesehen davon, dass nach den vorliegenden Betrachtungen von den Unterschieden im specifischen Gewicht gerade die entgegengesetzten Erscheinungen herrühren müssten, als diejenigen, welche in der angeführten Arbeit dadurch erklärt werden sollen.

Fassen wir die Resultate der bisherigen Betrachtungen noch einmal kurz zusammen, so ergeben Beobachtung und Theorie übereinstimmend, dass der Gang der Magnetisirung in weichen, magnetisirbaren Metallkörpern gleicherweise von Gestalt wie von Dichtigkeit des Magneten abhängt, und dass diese Abhängigkeit aus der Wechselwirkung der magnetischen Moleküle zu erklären ist.

Zum Schluss erfülle ich eine angenehme Pflicht, indem ich Herrn Prof. *Wiedemann* für die vielfache Unterstützung, welche ich in seinem Laboratorium bei Vollendung des experimentellen Theils dieser Arbeit fand, meinen Dank sage.

---

1) *Fromme*, Die Magnetisirungsfunktion einer Kugel aus weichem Eisen für starke magnetisirende Kräfte. Inauguraldissertation. Göttingen. S. 20 und Schlussbemerkung. 1874.

Eilhard Wiedemann. *Über die Leitungsfähigkeit der Haloidverbindungen des Bleies.* Vorgelegt vom ordentlichen Mitgliede *G. Wiedemann.*

Nach einer Angabe von Herrn *Buff*[1]) soll Chlorblei die Electricität metallisch leiten, d. h. der electrische Strom soll ohne es zu zersetzen hindurchgehen. Mit Zunahme der Temperatur soll jedoch dabei entgegengesetzt dem Verhalten der Metalle eine Vermehrung der Leitungsfähigkeit eintreten.

Da sich Herr *Quincke*[2]) in seiner theoretischen Arbeit über die Electrolyse auf diese Beobachtung bezieht, so dürfte die folgende Mittheilung vielleicht nicht ohne Interesse sein.

Um die Leistungsfähigkeit des Chlor–, Brom– und Jodbleies zu untersuchen, wurden in ein weites Reagirglas zwei Platinbleche eingesenkt, zwischen die die zu untersuchende Substanz in pulverförmigem Zustand gebracht wurde, entweder wurde sie dann nur festgedrückt oder wie beim Chlorblei geschmolzen und wieder erstarren gelassen. Im letzteren Fall war natürlich die Berührung der einzelnen Theile der Masse eine weit innigere als im ersteren, trotzdem, dass im Chlorblei sich beim Erstarren Sprünge bilden. Beim Brom- und Jodblei verbot der hohe Schmelzpunkt eine ähnliche Behandlung. In das Pulver wurde ein Thermometer eingesenkt .Bei Anwendung der geschmolzenen Substanz wurde auf diese Pulver derselben Substanz geschüttet und in diesem dann die stets nur angenähert richtigen Temperaturmessungen angestellt.

Die ganze Vorrichtung wurde zur Erwärmung in ein Bad von Eisenfeilen gesetzt.

Die Platinbleche wurden alsdann einmal so in den Stromkreis eingeschaltet dass der von vier Chromsäureelementen gelieferte Strom durch die zu untersuchende Substanz und ein Spiegelgalvanometer ging, alsdann wurde die Batterie ausgeschaltet und die beiden Platinbleche mit dem Galvanometer verbunden, der etwa auftretende Polarisationsstrom zeigte eine Electrolyse der angewandten Substanz an. Die Ablesungen geschahen mit

1) Buff, Ann. d. Ch. u. Ph. CX. p. 258. 1859.
2) Quincke, Pogg. Ann. CXLIV p. 11. 1871.

Fernrohr und Scala, die Entfernung des Spiegels von letzterer betrug circa 1,3 Meter.

Die folgenden Tabellen geben ein Bild von dem Gang der Erscheinung bei zunehmender Erwärmung. Die erste Columne enthält die Temperaturen, die zweite die bei der ersten Anordnung eintretenden, die der letzten die dem Polarisationsstrom entsprechenden Ausschläge in Millimetern.

Chlorblei (geschmolzen und wieder erstarrt).

Temp. I.	II.	III.
80°	5½	—
95°	9	—
110	19	6
130	24	15
145	61	26
162	132	43
175	238	53
190	382	100
200	580	160

Bromblei.

185	4	—
205	4	—
260	20	1½
275	42	3
295	85	3
320	210	3

Jodblei.

200	3	—
240	58	—
264	76	1
290	137	1,5
300	192	2

Auch Chlorblei in pulverförmigem Zustand zeigte ein analoges Verhalten.

Ein genaues Maass für die Zunahme der Leitungsfähigkeit mit der Temperatur lässt sich aus den obigen Zahlen nicht ableiten, da bei der Erwärmung die einzelnen Körner in eine innigere Berührung kommen. Die Zunahme scheint aber bei höheren Temperaturen für gleiche Temperaturintervalle weit grösser zu sein als bei niedrigen. Aus dem Auftreten der Polarisation folgt, dass Chlor-, Brom- und Jodblei bereits bei Temperaturen unter dem Schmelzpunkt in fester Form electrolysirt werden.

SITZUNG AM 8. AUGUST 1874.

F. Zöllner, *Über einen electrodynamischen Versuch.*

Helmholtz hat in seiner Abhandlung »über die Bewegungsgleichungen der Electricität für ruhende leitende Körper« [1]) ein electrodynamisches Gesetz aufgestellt, welches nach den Untersuchungen von *C. Neumann* [2]) und *Riecke* [3]) zu Widersprüchen mit bekannten Thatsachen der Beobachtung zu führen scheint, indem die Rotationserscheinungen partiell beweglicher Stromleiter um Magnete und Solenoïde nach dem *Helmholtz*'schen Gesetze nicht stattfinden können, wenigstens nicht unter der bisher in Uebereinstimmung mit *Ampère*'s Gesetz allgemein gemachten Voraussetzung, dass auf alle Theile der rotirenden Leiter Kräfte einwirken, welche jene Rotation hervorzurufen streben.

C. Neumann fasst a. a. O. das Resultat seiner Deductionen in folgendem Satze zusammen:

»Die Vorstellung, das *Ampère*'sche Elementargesetz dürfe oder müsse ersetzt werden durch jenes neue . . . Elementargesetz, überhaupt die Vorstellung, für die den electrischen Strömen eigenthümlichen ponderomotorischen Kräfte existire ein elementares Potential [4]) — diese Vorstellungen brechen

---

1) *Crelle*'s Journal Bd. 72 p. 57—129.

2) Berichte d. K. Sächs. Ges. d. W. Sitzung am 3. August 1872.

3) Göttinger Nachrichten 14. August 1872.

4) Auch der französische Akademiker *J. Bertrand* hat Einwendungen gegen die Existenz eines solchen elementaren Potentials erhoben. Comptes rendus 1872, 14. Oct. 1873 3. u. 10. Nov.

also zusammen unter dem Gewicht der empirischen Thatsachen«.

Riecke bemerkt in seiner Abhandlung »über das von *Helmholtz* vorgeschlagene Gesetz der electrodynamischen Wechselwirkungen« a. a. O.:

»1. Bei Zugrundlegung des *Helmholtz*'schen Gesetzes kann die Wirkung eines geschlossenen Stromes auf ein Stromelement nicht ersetzt werden durch die Wirkung einer magnetischen Doppelfläche.

»2. Zufolge dem *Helmholtz*'schen Gesetze steht die Wirkung eines geschlossenen Stromes auf ein Stromelement nicht senkrecht auf der Richtung des letzteren.

»Das *Helmholtz*'sche Gesetz ist somit nicht verträglich mit dem bekannten *Ampère*'schen Experimente, und es würde die Alternative dadurch zu Ungunsten des *Helmholtz*'schen Gesetzes entschieden sein, wenn nicht gegen die Ausführung dieses Experimentes gegründete Bedenken vorliegen würden«.

Am Schlusse seiner Untersuchung schlägt *Riecke* ein Experiment vor, bei welchem ein durch Gleitstellen beweglicher Stromleiter nach dem *Helmholtz*'schen Gesetze nur in einer bestimmten, nach dem *Ampère*'schen Gesetze aber in jeder Lage sich im Gleichgewichte befinden würde.

Helmholtz erkennt die von *Neumann* und *Riecke* gezogenen theoretischen Consequenzen an [1]), sucht aber die daraus bezüglich der oben erwähnten Experimente abgeleiteten Folgerungen durch eine ausführlichere mathematische Analyse seines Potentialgesetzes zu entkräften, [2]) indem er nachweist, dass dieses

1) Monatsberichte der Berliner Akademie 6. Febr. 1873 und ausführlicher in *Borchardt*'s Journal 78. Bd. p. 273—324.

2) Ueber die bei dieser Analyse anzuwendenden mathematischen Methoden bemerkt *Helmholtz* in seiner letzten Abhandlung (p. 276) Folgendes:

»Die mathematischen Methoden dafür waren durch die früheren Arbeiten gegeben, und ich würde kaum gewagt haben für eine solche Arbeit den Platz in diesem Journale in Anspruch zu nehmen, wenn nicht die Schwierigkeiten, auf welche die Herren *J. Bertrand*, *C. Neumann* und *Riecke* bei der Anwendung des Potentialgesetzes gestossen sind, und die Einwände, die sie daraus hernehmen zu dürfen glaubten, mir gezeigt hätten, dass eine methodische Durchführung des Beweises mit Be-

Gesetz »ausser den Kräften von Stromelement auf Stromelement noch weiter ergiebt:

a) Kräfte zwischen Stromelementen und Stromenden

b) Kräfte zwischen Stromenden«.

Da nun die oben erwähnten Rotationsphänomene eines theilweis beweglichen Stromleiters bis jetzt practisch nur mit Hülfe sogenannter Gleitstellen realisirbar seien, so genüge für den Erfolg des Experimentes, d. h. für die continuirliche Rotation des Stromleiters der Nachweis, dass lediglich an jenen Gleitstellen Kräfte auftreten, welche den beweglichen Theil des Leiters in dem beobachteten Sinne zu drehen bestrebt sind, dagegen brauche auf die übrigen Theile des rotirenden Stromleiters »unmittelbar gar keine Kraft« einzuwirken. Das Kräftepaar, welches auf die Uebergangsschicht an der Gleitstelle wirke, komme allein zur Erscheinung und bedinge in der That den ganzen Erfolg des Experimentes.

Dem entsprechend bemerkt *Helmholtz*[1]) den Einwendungen *Riecke*'s gegenüber wörtlich Folgendes:

»Wenn, wie in dem Beispiel von Herrn *Riecke*, ein Radius eines Kreises den Strom vom Mittelpuncte desselben, um den er drehbar ist, zur leitenden Peripherie führt, und dabei unter dem Einflusse anderer concentrischer Kreisströme steht, so wirkt, wie Herr *Riecke* richtig bemerkt, nach dem Potentialgesetz unmittelbar gar keine Kraft auf den festen Theil des Radius, dessen relative Lage gegen die Kreisströme sich verändert und es kommt allein das Kräftepaar zur Erscheinung, welches auf die Uebergangsschicht an der Gleitstelle wirkt. Dieses aber bedingt in der That den ganzen Erfolg«.

Noch bestimmter und gleichzeitig auf die Einwendungen *C. Neumann*'s Bezug nehmend, drückt sich *Helmholtz* in seiner oben citirten ausführlichen und erst ganz kürzlich erschienenen Abhandlung in *Crelle*'s Journal aus (a. a. O. p. 306), indem er sagt:

»Herr *Riecke* hat Recht, dass in diesem Falle das Potential,

---

seitigung der früheren beschränkenden Annahmen wünschenswerth und nützlich sein würde.

Die Einwände der letztgenannten beiden Herren beziehen sich auf die Erscheinungen an Stromkreisen mit Gleitstellen«.

1) Berichte der Berl. Akad. a. a. O. p. 102.

welches die Kreisströme auf den Radius ausüben, sich bei dessen Bewegung nicht ändert, weil er immerfort in symmetrischer Lage zu ihnen bleibt. Aber die Stromfäden in der Gleitstelle gehen fortdauernd aus der radialen in die tangentiale Richtung über, und deren Potential gegen die Kreisströme ist in erster Lage Null, in zweiter Lage hat es einen von Null verschiedenen Werth. Die Vorgänge in der Gleitstelle allein sind in diesem Falle das Treibende, und aus unserer Darstellung ergiebt sich, dass der Werth der drehenden Kraft einfach zu finden ist, indem man die Endkraft für die gleitende Spitze berechnet und diese negativ nimmt.

»An ähnlichen Beispielen hat Herr *C. Neumann* Anstoss genommen [1]) und leugnet deshalb die Anwendbarkeit des von seinem Vater aufgestellten Potentialgesetzes auf Stromelemente. Die absolute Discontinuität der Bewegung in der Gleitstelle, welche die Schwierigkeit (das Zerreissen der Stromfäden) herbeiführt, ist aber nur eine mathematische Fiction«.

Helmholtz ist also, wie bemerkt, nach seiner Theorie gezwungen, die erwähnten Rotationsphänomene beweglicher Leiter um Magnete oder Solenoïde anders als in der bisher üblichen Weise zu erklären. Während man bisher aus der Existenz dieser Rotationen auch ohne speciellere theoretische Vorstellungen einfach auf die Existenz von Kräften schloss, die jeden Theil des bewegten Leiters afficiren, sind nach der *Helmholtz*'schen Theorie »die Vorgänge in der Gleitstelle allein in diesem Falle das Treibende« und die Grösse der drehenden Kraft durch die »Endkraft für die gleitende Spitze« bestimmt.

Um diese Consequenzen der von *Helmholtz* entwickelten Theorie zu prüfen, habe ich folgende Versuche angestellt:

Durch die Axe eines vertikalen cylindrischen Electromagneten wird der galvanische Strom in einen beweglichen Kupferdraht geleitet, dessen Enden nicht, wie gewöhnlich, direct in das Quecksilber tauchen, sondern durch längere Ketten von lose in einander liegenden Ringen aus dünnem Kupferdrahte, mit der Oberfläche des Quecksilbers in leitender Verbindung ste-

1) Die elektrischen Kräfte. Leipzig 1873. S. 77—79.

hen. Die Ketten sind beträchtlich länger, als der Abstand ihrer Aufhängepuncte vom Niveau des Quecksilbers, so dass die untersten Ringe auf dem Quecksilber schwimmen.

Würde nun die beim Schliessen des Stromes eintretende Rotation lediglich durch Kräfte an den Gleitstellen bewirkt, so müssten die unteren, auf dem Quecksilber liegenden Ringe im Sinne der beobachteten Bewegung vorausgehen, und dem entsprechend der bewegliche Bügel mit Hülfe der Ketten von jenen auf der Quecksilberoberfläche gleitenden Ringen fortgezogen werden. Wirken dagegen die electrodynamischen Kräfte den *Ampère*'schen Anschauungen entsprechend auf den beweglichen Leiter, so wird dieser mit Hülfe der an seinen Enden befindlichen Ketten, die gleitenden Ringe fortziehen, so dass diese durch die zu überwindende Reibung auf der Quecksilberoberfläche der Bewegung ihrer Aufhängepuncte nachfolgen.

Die Versuche, welche in der Sitzung wiederholt wurden, bestätigen in unzweideutigster Weise den letzten Fall. Wenn hierbei die auf dem Quecksilber liegenden Ringe durch Kupferdrähte beschwert, der Bewegung nicht mehr folgen können und mit Hülfe eines eingeschalteten Commutators die Richtung des Stromes gewechselt wird, so bewegt sich der Bügel bald nach der einen bald nach der andern Seite, soweit die Länge der Kette diese Bewegung gestattet.

Es ist leicht ersichtlich, dass diese Versuche mannigfach modificirt werden können, indem z. B. an Stelle der Kette einfach ein an der einen Seite zu einem Haken umgebogenes Kupferdrähtchen lose in die Haken des beweglichen Bügels gelegt wird.

Die mitgetheilten Versuche entscheiden demgemäss, wie ich glaube, zu Gunsten des *Ampère*'schen Gesetzes und gegen die Zulässigkeit des von *Helmholtz* aufgestellten Potentialgesetzes. Ich würde es kaum gewagt haben, diese Versuche, deren Erfolg im Voraus wohl schwerlich von irgend Jemand ernstlich bezweifelt worden wäre, mitzutheilen, wenn nicht *Helmholtz* wiederholt hervorgehoben hätte, dass zwischen dem *Ampère*'schen Gesetz der Electrodynamik und dem Potentialgesetze nur an Strömen mit freien Enden, an denen sich freie Electricität anhäuft und wieder verschwindet, entschieden werden könne, und auf die besonderen experimentellen Schwierigkeiten hingewiesen hätte, welche

sich der Ausführung derartiger Versuche entgegenstellen [1]. Natürlich wage ich nicht im Voraus zu entscheiden, in wie weit es *Helmholtz* möglich ist, durch eine weitere mathematische Analyse seines Potentialgesetzes auch die obigen Versuche in Einklang mit seiner Theorie zu bringen.

Anmerkung. Da die beschriebenen Versuche im Wesentlichen nur einfache Modificationen des bekannten *Faraday*'schen Experimentes sind, so habe ich auf eine Abbildung des angewandten Apparates verzichtet. Ich erlaube mir nur zu bemerken, dass die Ringe der Kette c. 15 Millimeter Durchmesser besassen und aus sehr dünnem Kupferdrahte bestanden. Der Electromagnet hatte eine Länge von 210 Millimeter, eine Dicke von 20 mm und war mit 4 Lagen starkem Kupferdraht umwickelt durch welchen der Strom eines kräftigen, mit chromsaurer Kali-Lösung gefüllten Kohlen-Zink-Elementes geleitet wurde. Für den beweglichen Leiter wurde ein Strom aus zwei Elementen derselben Art verwandt.

---

1) Vgl. Berichte der Berl. Akademie 6. Febr. 1873. »Was die Möglichkeit betrifft, zwischen dem *Ampère*'schen Gesetz der Electrodynamik und dem Potentialgesetze zu entscheiden, so ist das nur möglich an Strömen mit freien Enden, an denen sich freie Electricität anhäuft und wieder verschwindet«.

S. Tschiriew, *Die Unterschiede der Blut- und Lymphgase des erstickten Thieres.* Aus dem physiologischen Institute zu Leipzig. Vorgelegt von dem wirklichen Mitgliede *C. Ludwig.*

Die Gase der Lymphe sind einer eingehenden Untersuchung zuerst von *O. Hammarsten* *) unterworfen worden. Hierbei wurde unter andern die Thatsache aufgedeckt, dass der procentische Kohlensäuregehalt der Lymphe in der Mitte zwischen denen des arteriellen und des venösen Blutserums steht. Diese Erfahrung führte unmittelbar zu der Frage, ob nicht im Binnenraume der Blutgefässe ein Theil der Kohlensäure entstehe, welche die Athmung bestreitet. *Hammarsten* glaubte, es müsse dieses bejaht werden, wenn in dem Serum der Lymphe, trotzdem dass ihm weniger Kohlensäure als dem gleichnamigen Bestandtheile des venösen Blutes zukomme, ebenso viel Basen als im Blute enthalten seien, weil unter diesen Bedingungen die Kohlensäure des venösen Blutes einen höheren Druck als die der Lymphe ausüben werde. Da seine Versuche über den letzteren Punkt keine Aufklärung gewährten, so konnte er die angeregte Frage nicht entscheiden. Die Lücke, welche *Hammarsten* gelassen, versuchte *Strassburg* mittelst eines von *Pflüger* **) erfundenen Apparates, des Aërotomometers, auszufüllen. Das Resultat der hier einschlagenden Versuche fasst *Strassburg* l. c. p. 89 in folgenden Worten zusammen: »Aus unseren Versuchen geht das auffallende Resultat mit absoluter Sicherheit hervor, dass die Spannung der Kohlensäure in der Lymphe nicht grösser, sondern etwas kleiner als die des venösen Blutes ist und um etwa 0,5 bis 1,0 Procent abweicht. Es liegt also der Werth zwischen dem des arteriellen und des venösen Blutes.»

Nach diesen Versuchen verhalten sich somit die Spannungen

*) Arbeiten des physiologischen Instituts zu Leipzig. Jahrgang 1871.
**) Dessen Archiv 6. Bd. p. 65 u. folgde.

der Kohlensäure in der Lymphe zu denjenigen in den verschiedenen Blutarten ähnlich, wie die procentischen Mengen dieses Gases. Demgemäss hätten *Pflüger* und *Strassburg* die Frage nach dem Orte, an welchem sich ein Theil der ausgeathmeten Kohlensäure bildet, in dem von *Hammarsten* angedeuteten Sinne entscheiden müssen, wenn ihnen nicht ein neues Bedenken aufgestossen wäre. Sie sind der Meinung, dass die Flüssigkeit, welche die Gewebe, namentlich die Muskeln und die Drüsen durchtränkt, eine gespanntere Kohlensäure enthalte, als das venöse Blut, aber sie glauben, dass dieses nicht mehr der Fall sei, wenn der Gewebesaft als Lymphe in die Stämmchen und Stämme der Lymphgefässe übergetreten wäre. An den letzteren Orten werde der Lymphe fortwährend Kohlensäure entzogen, weil das Bindegewebe, in dem jene Bahnen liegen, wegen seines geringen Stoffwechsels nur wenig Kohlensäure bilde, die zu keiner hohen Spannung gelangen könne, da das Bindegewebe von einem continuirlichen und im Verhältniss zu dem der Lymphe raschen Strome des Blutes durchsetzt und ausgewaschen werde. Aus diesem Grunde sprechen sie der Lymphe die Fähigkeit ab, einen Aufschluss über die wahren Spannungen der Kohlensäure in den Gewebesäften zu gewähren.

Diesem Ausspruche würde man sich erst dann mit voller Ueberzeugung anschliessen können, wenn die zahlreichen Voraussetzungen, auf welche sich derselbe gründet, bewiesen wären. Da dieses bisher nicht geschehen war, so forderte mich Herr Professor *C. Ludwig* auf, nach dieser Richtung hin Versuche vorzunehmen; diesem Wunsche kam ich um so bereitwilliger entgegen, als der gleichzeitig mitgetheilte Plan noch andere werthvolle Aufschlüsse über den Gashaushalt des thierischen Körpers versprach.

Die Aufgabe, deren Lösung zunächst beabsichtigt war, bestand darin, die Gase der Lymphe und des arteriellen Blutserums zu vergleichen, die demselben Thiere, nachdem es erstickt war, unter gewissen Vorsichtsmaassregeln entnommen waren. Sollte das den Arterien entnommene, in das Bindegewebe einströmende Blutserum reicher an Kohlensäure sein als die Lymphe, so würde diese relative Armuth nicht mehr nach den von *Pflüger* und *Strassburg* aufgestellten Grundsätzen zu erklären sein, vorausgesetzt, dass dem grösseren Gehalt an Kohlensäure auch ein Uebergewicht an Spannung entspräche.

Um den wichtigen Versuch von einem leicht zu erhebenden Einwand zu befreien, erschien es gerathen, nur die Lymphe zu entgasen, welche sich, während das Erstickungsblut kreiste, in den Wurzeln und Capillaren der lymphatischen Bahnen befunden hatte.

Nach diesen Vorbemerkungen gehe ich zur Schilderung meiner Versuche über. An jedem der benutzten Hunde wurde zuerst der linke Brustgang und eine a. carotis aufgesucht und in beide je eine Canüle eingebunden. Darauf ward unter die freigelegte Luftröhre eine Schraubenklemme geschoben und geschlossen; war die Erstickung so weit fortgeschritten, dass eine Berührung der Bindehaut des Auges keinen Lidschluss mehr hervorrief, so wurde mit dem Auffangen des Blutes begonnen. Dieses trat durch ein Gabelrohr über Quecksilber gleichzeitig in mehrere Cylinder ein. Zwei derselben wurden zur Gewinnung des Serums zurückgesetzt, ein dritter ward bis zur vollendeten Gerinnung geschüttelt. Nachdem alle das Blut betreffenden Handgriffe beendet waren, wurde mit dem Auffangen der Lymphe begonnen. Die zuerst austretenden 15 bis 20 Ccm. wurden in das Freie gelassen, und erst nach ihrer Entfernung das Ausfliessende über Quecksilber geleitet. Unter den geschilderten Umständen kann der Strom der Lymphe nur dann eingeleitet und unterhalten werden, wenn man die unteren Extremitäten in regelmässiger Folge beugt und streckt, und öfter den in den grösseren Lymphstämmen angehäuften Inhalt durch Bestreichen der Haut und einen Druck auf den Unterleib entleert. Um 60 bis 80 Ccm. Lymphe zu erhalten, welche zu einer Doppelanalyse nothwendig sind, muss die Manipulation mindestens 20 bis 30 Minuten hindurch fortgesetzt werden. Trotz aller Sorgfalt ist es mir einmal nicht gelungen, mehr als 30 Ccm. Lymphe zu erhalten. Auch war es mir zweimal nicht möglich, aus dem abgeflossenen Blute so viel Serum auszuscheiden, dass dasselbe zu einer Entgasung ausgereicht hätte.

Die Versuche verliefen folgendermaassen und die Flüssigkeiten gaben in Procenten ausgedrückt die nachstehenden Gasmengen.

Versuch I.

Curarevergiftung. Volumen des gewonnenen Blutes 700 Ccm. Das Sammeln der Lymphe begann 12 Minuten nach dem Verschluss der Schraubenklemme. Als in Verlauf von 38 Minuten 65 Ccm. Lymphe gewonnen

waren, wurde das Auffangen beendet. Die Lymphe war farblos; sie gerann erst nach zweistündigem Stehen.

		CO_2	O	N
Lymphe	a	31,30	0,01	1,06
	b	31,41	0,01	1,04
Blut	a	34,37	0,86	1,38
	b	34,31	0,82	1,42
Serum	a	38,65	0,11	1,10
	b	38,54	0,09	1,17

Versuch II.

Unvergiftet. 4 Minuten nach dem Zuklemmen der Luftröhre begann der Aderlass. Es wurden 450 Ccm. aufgefangen. 8 Minuten nach dem Verschluss der Klemme begann das Auffangen der Lymphe über Quecksilber. Von ihr wurden nur 23 Ccm. erhalten. Sie war farblos.

	CO_2	O	N
Lymphe	31,97	0,01	0,60
Blut	32,51	0,03	1,29
Serum	36,77	0,07	0,43

Versuch III.

Unvergiftet. 5 Minuten nach dem Zuklemmen der Luftröhre begann der Aderlass, durch welchen 550 Ccm. Blut gewonnen wurden. Um 60 Ccm. farbloser Lymphe zu erhalten, musste die Gliederbewegung 30 Minuten hindurch fortgesetzt werden.

		CO_2	O	N
Lymphe	a	40,89	0,01	0,64
	b	40,81	0,01	0,63
Blut	a	44,25	0,02	1,03
	b	44,33	0,04	1,06
Serum	a	50,07	0,04	1,45
	b	49,98	0,04	1,48

Versuch IV.

Curarevergiftung. Durch den Aderlass wurden 120 Ccm. Blut gewonnen, während einer 25 Minuten hindurch fortgesetzten Bewegung der Glieder wurden 70 Ccm. farblose Lymphe erhalten.

		C,O_2	O	N
Lymphe	a	35,80	0,00	0,89
	b	35,80	0,00	0,81
Blut	a	35,79	0,01	1,59
	b	35,49	0,01	1.68

Versuch V.

Mit Curare vergiftet. Das Thier befand sich in der Verdauung. Durch den Aderlass wurden 125 Ccm. Blut erhalten. Durch die Bewegung der Glieder 80 Ccm. Lymphe. Diese letztere war blutfrei, aber stark opalescirend.

		C,O_2	O	N
Lymphe	a	39,61	0,09	1,07
	b	39,49	0,11	1,03
Blut	a	39,45	0,31	1,03
	b	39,23	0,30	1,06

Der besseren Uebersicht wegen mag es gestattet sein, die Mittelwerthe des Procentgehaltes der Flüssigkeiten an Gasen zusammenzustellen.

		C,O_2	O	N	
1	Lymphe	31,35	0,01	1,05	Curarevergiftung
	Blut	34,34	0,84	1,40	
	Serum	38,59	0,10	1,14	

		CO_2	O	N	
2	Lymphe	31,97	0,01	0,60	unvergiftet
	Blut	32,51	0,03	1,29	
	Serum	36,77	0,07	0,43	
3	Lymphe	40,85	0,01	0,63	unvergiftet
	Blut	44,29	0,03	1,05	
	Serum	50,03	0,04	1,46	
4	Lymphe	35,80	0,00	0,85	Curarevergiftung
	Blut	35,64	0,01	1,63	
5	Lymphe	39,55	0,10	1,05	Curarevergiftung
	Blut	39,34	0,31	1,05	

Durch ihren Gehalt an Sauerstoff, welcher fast durchweg minimal zu nennen ist, charakterisiren sich die analysirten Flüssigkeiten als Erstickungsproducte. Die Besprechung ihrer Gase kann sich also auf ihren Kohlensäuregehalt beschränken. — Fassen wir zunächst die Fälle in's Auge, in welchen das gesammte Blut und das Serum desselben mit der Lymphe verglichen werden können, so ergiebt sich durchweg, dass die Lymphe mit dem geringsten Kohlensäuregehalt begabt ist. Sehr beträchtlich ist namentlich der Ueberschuss der Kohlensäure des Serums über denjenigen der Lymphe, denn er bewegt sich zwischen 4,80 und 9,18 p. C. Obwohl es nun in den Versuchen IV und V nicht gelang, die zur Analyse nöthige Quantität von Serum darzustellen, so darf doch nach den Ergebnissen, welche das Gesammtblut geliefert hat, angenommen werden, dass auch in diesen beiden Fällen das Serum um mehrere Procente reicher an Kohlensäure war, als die Lymphe und zwar darum, weil beidemal der Kohlensäuregehalt des ganzen Blutes gleich dem der Lymphe stand. Also war sicher das Serum reicher an dieser Gasart als die Lymphe. Durch diese Versuche steht es also fest, dass das arterielle Blutserum des erstickten Thieres bedeutend reicher an Kohlensäure ist, als die Lymphe desselben.

Nach der soeben erhaltenen Auskunft liegt es nahe, die Frage zu erheben, ob sich die Lymphe des athmenden und des erstickten Thieres rücksichtlich ihrer Kohlensäureprocente in ähnlicher Weise von einander abheben, wie wir dieses vom Blutserum wissen. Entscheidend würde hierauf nur nach einer Untersuchung zu antworten sein, in welcher mehrere Lymph-

proben desselben Thieres analysirt worden wären, das der Reihe nach apnoisch, in normaler Athmung und endlich erstickt gewesen wäre. Vorläufig, wo uns keine solche Versuchsreihe zu Gebote steht, können wir uns nur dadurch eine Auskunft verschaffen, dass wir den Kohlensäuregehalt der Erstickungslymphe, welcher von verschiedenen Thieren geliefert wurde, demjenigen gegenüber stellen, welchen die Lymphe anderer normal athmender Hunde geliefert hat. Diesem Unternehmen ist darum nicht alle Bedeutung abzusprechen, weil die Zahl der untersuchten Fälle schon eine merkliche ist. Von *Hammarsten* sind neun verschiedene Lymphen während normaler Athmung untersucht worden und ich selbst habe sieben verschiedene Lymphsorten erstickter Thiere auf ihren Gasgehalt bestimmt. Fünf dieser Fälle wurden soeben vorgelegt und zwei andere werden noch auf pagina 130 dieser Abhandlung ausführlich besprochen werden.

Procentischer Kohlensäuregehalt in der Lymphe des athmenden Thieres	Procentischer Kohlensäuregehalt in der Lymphe des erstickten Thieres
40,86	40,97
40,32	40,85
37,82	39,55
33,49	35,80
32,02	33,80
31,84	31,97
29,55	31,35
28,54	
28,50	

Aus diesen 16 Versuchen geht hervor, dass sich die Maxima des Kohlensäuregehaltes in der Lymphe des athmenden und erstickten Thieres nur um Bruchtheile eines Procentes unterscheiden, und ferner, dass in der Mehrzahl der Fälle die Procentsätze der Kohlensäure, welche sich in der Lymphe des erstickten Thieres finden, auch in der des athmenden vorkommen. In der Lymphe des athmenden Thieres finden sich allerdings procentische Werthe der Kohlensäure vor, welche geringer sind als die der Erstickungslymphe, aber der grösste Unterschied beträgt auch in diesen Fällen nur 2,7 Proc. Hierdurch ist es festgestellt, dass während der Erstickung der Kohlensäuregehalt der Lymphe weit weniger über seinen normalen Werth emporwächst, als derjenige des Blutserums.

Da erwiesener Maassen in den hier betrachteten Flüssigkeiten mit der Zunahme des Procentsatzes auch der Druck der Kohlensäure ansteigt, so wird anzunehmen sein, dass sich der Unterschied der Kohlensäurespannung in beiden Flüssigkeiten vergrössert hat, wenn dasselbe mit ihrem Kohlensäuregehalt geschehen ist. Nun ist das normale Venenblut mit einer höheren Kohlensäurespannung begabt, als die Lymphe des athmenden Thieres, sonach wird mit einer an Gewissheit grenzenden Wahrscheinlichkeit anzunehmen sein, dass das Erstickungsblut jenes Uebergewicht in noch viel höherem Grade besitzt.

Vorausgesetzt, dass zukünftige Untersuchungen diese Wahrscheinlichkeit zur Gewissheit erheben, so würden wir unsere Anschauungen über die Stellung der Lymphe zu den Gewebesäften ändern oder wir würden die Annahmen verwerfen müssen, welche über die Orte, wo die Kohlensäure entsteht und über die Geschwindigkeit, mit der sie sich von dort aus verbreitet, an der Tagesordnung sind.

Geht die Kohlensäure aus den Formbestandtheilen hervor, die jenseits der Blutgefässe liegen und diffundirt sie von dort im freien Zustande in das Blut, so muss die Kohlensäurespannung in den Säften, welche die Blutgefässwand umgeben, höher sein als in der Blutflüssigkeit. Beobachtungen, die auf den verschiedensten Wegen gewonnen sind, stimmen aber darin überein, dass die Flüssigkeit, welche die Blutgefässe umspült, in die Lymphgefässe überfliesst, wenn in die Gewebelücken entweder ein neuer Erguss erfolgt oder wenn ihre Räumlichkeit vermindert wird. Insofern sich nun, wie dieses z. B. während der Erstickung der Fall, die Lymphe auf ihrem weiteren Verlaufe nur mit einem Blute in Berührung findet, dessen Kohlensäure unter einem hohen Drucke steht, müsste auch die Kohlensäure der Lymphe mindestens so hoch als die des Blutes gespannt sein. Trifft dieses nicht ein, trotzdem dass die über die Entstehung und den Austausch der Kohlensäure aufgestellten Grundsätze richtig sind, so können die Beziehungen zwischen den Gewebesäften und der Lymphe nicht bestehen, welche gegenwärtig für giltige gehalten werden.

Gesetzt aber, es könnte weder die Gewebeflüssigkeit als solche, noch ihre Kohlensäure in die Lymphe übergehen, so ist es doch nicht zu bezweifeln, dass die letztere ein Erzeugniss des Blutes ist; als solches müsste ihr Kohlensäuregehalt gleich dem des Blutserums, in meinen Beobachtungen also gleich dem des

Serums vom Erstickungsblute sein. Um den in Wirklichkeit hervortretenden Mangel einer solchen Uebereinstimmung zu erklären, müsste man annehmen, dass die aus den bewegten Gliedern hervorgeholte Lymphe schon vor der Erstickung das Blut verlassen habe. Allerdings würde es hiernach begreiflich sein, warum der Kohlensäuregehalt der Lymphe so weit hinter dem des Erstickungsserums zurückbliebe, aber auch dieses nur unter der Voraussetzung, dass der Austausch der Gase zwischen dem Inhalt der Lymphwurzeln und dem der Blutgefässe lange nicht so ausgiebig sei, als man bisher gedacht.

Wenn wir aber daran festhalten, dass die Lymphe aus dem Zusammenfluss der Gewebesäfte entsteht und so weit als diese mit Kohlensäure gesättigt sei, so sehen wir uns genöthigt, unter die Ursprungsorte dieser letzteren auch die Gewebsformen aufzunehmen, welche innerhalb des von den Blutgefässen umschlossenen Raumes liegen, namentlich also auch die Blutscheiben, die Lymphzellen und die nach der Gefässhöhle gekehrten Oberflächen Endothelien. Einer derartigen Annahme steht kein principielles Bedenken entgegen, selbst wenn sich die Befähigung zur Kohlensäurebildung nur auf die organisirten Massen beschränkte. An der Zersetzbarkeit der geformten Bestandtheile des Blutes könnte aus bekannten Gründen auch dann kaum gezweifelt werden, wenn selbst durch die Versuche von *Afonassiew* *) nicht bewiesen wäre, dass sich unter dem Zutritte von Sauerstoff aus dem Cruor des Erstickungsblutes Kohlensäure bilden könnte; und für die Betheiligungen der Endothelzellen an dem Oxydationsprocess sprechen die Lebenserscheinungen derselben, welche um so deutlicher und vielfacher hervortreten, je sorgfältiger wir nach ihnen suchen. Ohne Weiteres würde sich hieraus erklären, dass das arterielle Blut nach dem Durchtritt durch die Capillaren in venöses umgewandelt ist, wenn auch auf der Aussenfläche der Gefässwand die Bestandtheile fehlen, in welchen man ihres übrigen Verhaltens wegen einen lebhaften Stoffwechsel voraussetzen darf.

Neben die Gründe, welche sich für die ausgesprochene Anschauung geltend machen, treten jedoch auch wichtige Bedenken; wenn der höhere Spannungsgrad, welcher der Kohlensäure

*) Arbeiten aus der physiologischen Anstalt zu Leipzig 1872.

des Blutes eigen ist, daher rührt, dass sich im Binnenraum der Gefässe die hierzu nothwendigen Gasmengen entwickeln, so würde daraus folgen, dass die Gewebesäfte keine Kohlensäure in das Blut überzutreiben vermöchten. Die gesammte Summe jenes Gases, welche in den Geweben entstände, würde also darauf angewiesen sein, mit dem Strom der Lymphe in das Blut zu gelangen. Weil nun aber die Geschwindigkeit, mit welcher sich die Lymphe bewegt, eine mässige ist, so würde durch sie auch nur wenig Kohlensäure gefördert werden, mit andern Worten die Grösse des Stoffumsatzes, welche in den Gewebsmassen stattfände, die ausserhalb der Blutgefässe liegen, wäre sehr gering im Verhältniss zu derjenigen, die in den Formbestandtheilen innerhalb der Gefässhöhle abliefe.

Diese auffallende Annahme würde sich mit der gegenwärtig verbreiteten Anschauung vereinigen lassen, wenn es nachzuweisen wäre, dass in den Gewebsäften beziehungsweise in der Lymphe flüssige Zersetzungsproducte vorkämen, die sich mit Hülfe des Oxyhaemoglobins unter Bildung von Kohlensäure zersetzten. Für diese Annahme war nach den Beobachtungen von *Hammarsten* allerdings wenig Wahrscheinlichkeit vorhanden. Da sich jedoch dieser Beobachter zum Nachweise der leicht oxydablen Stoffe nur der Lymphe des athmenden Thieres bedient hatte, so war immerhin die Möglichkeit offen, dass der gewünschte Erfolg mit Hülfe der Erstickungslymphe eintreten könnte. Mit dieser habe ich den von *Hammarsten* ausgeführten Versuch wiederholt.

Bei dem Sammeln der Erstickungslymphe schlug ich jedoch ein etwas anderes Verfahren als das früher beschriebene ein, weil ich fürchtete, durch dasselbe nicht das genügende Volum an Flüssigkeit zu gewinnen. Nachdem die Vorbereitungen in der oben beschriebenen Weise ausgeführt waren, unterbrach ich die Athmung während einer Dauer von 1,5 bis 2,0 Minuten, stellte darauf dieselbe während 0,5 Minuten wieder her und wechselte mit der Unterbrechung und der Wiederherstellung so lange, bis die nöthige Quantität von Lymphe ausgeflossen war. Da bei diesem Verfahren mindestens Dreiviertel der auf die Gewinnung der Lymphe verwendeten Zeit bei einer beschränkten Sauerstoffzufuhr verstrichen waren, so konnte man erwarten, dass in der gewonnenen Flüssigkeit auch ein bedeutender Antheil von Erstickungslymphe enthalten sei.

In zwei nach diesem Plan ausgeführten Versuchen erhielt ich die folgenden Zahlen.

Versuch VI.

Curarevergiftung. Die gesammte Dauer des Lymphsammelns betrug 28 Min., in derselben war die Luftröhre während 21,5 Min. verschlossen und während 6,75 Min. offen.

In 100 Th. Lymphe fanden sich:

a.	C,O_2 40,91	O 0,03	N 0,92
b.	- 41,01	- 0,02	- 0,90

Das defibrinirte Arterienblut, welches der Lymphe zugesetzt wurde, enthielt in 100 Th.

a.	C,O_2 22,99	O 10,27	N 0,85
b.	- 23,06	- 10,24	- 0,84

Als 38,88 Ccm. der Lymphe mit 25,81 Ccm. des arteriellen Blutes gemengt waren, gaben 100 Th. der Mischung

a.	C,O_2 33,85	O 4,07	N 1,14
b.	- 33,86	- 4,05	- 1,18

Versuch VII.

Curarevergiftung. Die Dauer des Lymphsammelns betrug 23,5 Min., die Luftröhre war während dieser Zeit 18 Min. geschlossen und 5 Min. offen.

In 100 Th. der Lymphe fanden sich

a.	C,O_2 33,78	O 0,09	N 1,17
b.	- 33,82	- 0,10	- 1,04

Das defibrinirte Arterienblut, welches der Lymphe zugesetzt wurde, enthielt in 100 Th.

a.	C,O_2 15,51	O 13,36	N 1,47
b.	- 15,62	- 13,30	- 1,46

Als 22,36 Ccm. der Lymphe mit 25,81 Ccm. des arteriellen Blutes gemengt waren, enthielt die Mischung in 100 Th.

a.	C,O_2 23,96	O 6,80	N 1,43
b.	- 23,98	- 6,78	- 1,60

Nimmt man das Mittel aus den Zahlen, welche bei der Analyse der Mischung gefunden wurden, und vergleicht man sie mit den Werthen, die sich aus den bekannten Bestandtheilen des Gemenges berechnen lassen, so gelangt man zu der folgenden Reihe.

VI.	Gefunden	CO_2 33,85	O 4,06
	Berechnet	- 33,80	- 4,10
VII.	Gefunden	- 23,97	- 6,79
	Berechnet	- 24,02	- 7,18

Hieraus geht auf das Deutlichste hervor, dass auch der Erstickungslymphe die Stoffe fehlen, welche mit Oxyhaemoglobin Kohlensäure liefern, beziehungsweise den Sauerstoff desselben an sich nehmen können.

Durch die Beobachtungen, welche in der vorstehenden Abhandlung niedergelegt sind, wird, wie mir scheint, zur Genüge bewiesen, dass das Dunkel, welches über den Vorgängen der innern Athmung schwebt, noch nicht einmal so weit gehoben ist, um auch nur die Orte mit Sicherheit bestimmen zu können, auf welche sich dieselbe vertheilt. Von allen Flüssigkeiten, welche ausserhalb des Blutstromes vorkommen, nimmt die Lymphe unzweifelhaft den ersten Rang ein, sei es, dass man auf ihre Menge oder auf ihre Ausbreitung Rücksicht nehme; solange also die Herkunft und die Schicksale ihres Gasgehaltes unbekannt sind, wird dieses auch mit dem wesentlichsten Theile der innern Respiration der Fall sein.

Carl Neumann, *Ueber die Helmholtz'sche Constante k.*

In meiner Abhandlung vom vergangenen Jahre: Ueber die den Kräften elektrodynamischen Ursprungs zuzuschreibenden Elementargesetze (Abh. d. Kgl. Sächs. Ges. Bd. X, pg. 479) habe ich für die elektromotorische Kraft $\mathfrak{E}dt$, welche ein Stromelement $J_1 Ds_1$ während der Zeit dt in einem Leiterelement Ds (und zwar in der Richtung von Ds) hervorbringt, den Werth abgeleitet:

$$(1.a)\quad \mathfrak{E}dt = Ds_1\,[\,(\varkappa\Theta\Theta_1 + \bar{\varkappa}\mathsf{E})\,dr + \lambda\Theta_1 d\Theta + \mu\Theta d\Theta_1 + \nu d\mathsf{E}]J_1 + Ds_1\,(\omega\Theta\Theta_1 + \bar{\omega}\mathsf{E})\,dJ_1\,,$$

wo r, Θ, Θ_1, E die bekannten *Ampère*'schen Argumente vorstellen*), während $\varkappa$, $\bar{\varkappa}$, λ, μ, ν, ω, $\bar{\omega}$ unbekannte Functionen von r sind. Offenbar kann diese Formel auch so geschrieben werden:

$$(1.b)\quad \mathfrak{E}dt = Ds_1\,[\,(\varkappa\Theta\Theta_1 + \bar{\varkappa}\mathsf{E})\,J_1\,dr + \lambda J_1\,\Theta_1\,d\Theta + \mu\Theta d(J_1\,\Theta_1) + \nu d\,(J_1\,\mathsf{E})\,] + Ds_1\,[\,(\omega - \mu)\,\Theta\Theta_1 + (\bar{\omega} - \nu)\,\mathsf{E}]\,dJ_1.$$

Um nun die unbekannten Functionen $\varkappa$, $\bar{\varkappa}$, λ, μ, ν, ω, $\bar{\omega}$ näher zu bestimmen, habe ich mich der Annahme bedient, *dass bei einer durch Bewegung erzeugten Verlängerung eines Stromelementes dasselbe inducirend so wirke, als ob in dem hinzugekommenen Theil seiner Länge ein neuer Strom entstünde, auf welchen das Gesetz der Induction durch Intensitätsänderung anzu-*

*) Es bedeutet also r die Entfernung zwischen Ds und Ds_1. Ferner repräsentiren Θ, Θ_1 und E die Cosinus derjenigen Winkel, unter welchen die Elemente Ds, Ds_1 gegen r (Ds_1 ≫——➤ Ds) und gegen einander geneigt sind.

wenden sei. Nachdem nämlich das Element $J_1 Ds_1$ nach einem in beliebiger *Bewegung* begriffenen rechtwinkligen Axensystem x, y, z zerlegt, und in solcher Weise drei neue Stromelemente $J_1 \mathsf{A}_1 Ds_1$, $J_1 \mathsf{B}_1 Ds_1$, $J_1 \Gamma_1 Ds_1$ erhalten waren, welche während der Zeit dt ihrer *Länge* nach sich ändern*), habe ich angenommen, dass z. B. das der xAxe entsprechende Element als ein Aggregat von *zwei* Elementen zu betrachten sei, von denen das eine die Länge $\mathsf{A}_1 Ds_1$ und eine von J_1 auf $J_1 + dJ_1$ anwachsende Stromstärke, das andere hingegen die Länge $(d\mathsf{A}_1) Ds_1$ und eine von 0 auf $J_1 + dJ_1$ wachsende Stromstärke besitze. Indem ich sodann die durch diese Zerlegung entstandenen Elemente mit dem ursprünglichen Element $J_1 Ds_1$ als äquivalent betrachtete, gelangte ich zu den Gleichungen:

$$(2.) \qquad \omega = \mu, \qquad \bar{\omega} = \nu.$$

Mit Bezug hierauf bemerkt nun Herr *Helmholtz* in seinem letzten Aufsatz (Borchardt's J. Bd. 78, pg. 280), dass meine Voraussetzungen nicht unanfechtbar seien. Denn man könnte die Dehnung oder Verlängerung eines Stromelementes ebenso gut als eine *Entfaltung früher eingefalteter Theile* ansehen, und würde alsdann nicht das Gesetz der Induction durch Intensitätsänderung, sondern nur dasjenige der Induction durch Lagenveränderung anzuwenden haben.

Allerdings muss ich einräumen, dass meine Methode zur Ableitung der Gleichungen (2.) Einwendungen zulässt, und dass namentlich die bei jener Methode erforderlichen Hypothesen von mir nicht gerade mit sehr grossem Aufwande von Ausführlichkeit angegeben sind. Andererseits aber möchte ich bemerken, dass jene unvollkommene Methode von mir nur der Kürze halber an Stelle derjenigen strengeren Methode substituirt wurde, welche aus meinen Expositionen in den »*Elektrischen Kräften*« (Teubner, 1873) leicht zu entnehmen ist. Diese strengere Methode, welche im Folgenden dargelegt werden soll, beruht auf zwei Hypothesen, welche in den »*Elektrischen Kräften*« als fünfte und sechste, und bei einer noch früheren Gelegenheit [diese Berichte, August 1872, pg. 162] mit (δ.) und (ε.) bezeichnet wurden. Demgemäss mag es mir gestattet sein, die eine *die Hypothese Delta,* die andere *die Hypothese Epsilon* zu nennen.

---

*) A_1, B_1, Γ_1 bezeichnen die Richtungscosinus von Ds_1 in Bezug auf jene Axen x, y, z.

§ 1.

Die elektromotorische Wirkung der Elemente eines körperlichen Inducenten. Die Hypothese Delta.

Es sei Dv_1 ein Volumelement des *körperlichen Inducenten*, andererseits Ds das Element irgend eines *linearen Leiters*; und es handle sich darum, die elektromotorische Kraft zu ermitteln, welche Dv_1 in Ds hervorbringt.

Wir haben zwei Fälle zu unterscheiden. Nämlich erstens den *speciellen Fall*, dass die Strömungsrichtung innerhalb Dv_1 *constant* bleibt; alsdann ist die Formel (1. a, b) ohne Weiteres anwendbar. Zweitens den *allgemeinen Fall*, dass die Strömung innerhalb Dv_1 ihrer Richtung nach *variirt*; alsdann ist die Formel (1. a, b) *nicht* ohne Weiteres anwendbar, so dass es also in diesem letztern Fall, um eine solche Anwendung zu ermöglichen, irgend welcher Hypothese bedarf.

I. *Behandlung des speciellen Falles.*

Die Coordinatenaxen x, y, z seien starr verbunden mit der ponderablen Masse des Inducenten, und es sei innerhalb Dv_1 eine Strömung u_1 angenommen, die *fortdauernd parallel zur xAxe* bleibt.

Wir zerlegen in diesem Falle Dv_1 in unendlich kleine Elemente zweiter Ordnung, nämlich in Prismata parallel zur xAxe, und bezeichnen Querschnitt, Länge und Volumen eines solchen Prismas respective mit Dq_1, Ds_1 und $Dq_1\,Ds_1$; so dass also die Formel stattfindet:

$$(3.)\qquad Dv_1 = \Sigma\,(Dq_1\,Ds_1)\;,$$

die Summation ausgedehnt über sämmtliche Prismata.

In einem solchen Prisma $Dq_1\,Ds_1$ ist alsdann die Strömung fortdauernd axial, und es unterscheidet sich daher ein solches Prisma in Nichts von einem gewöhnlichen *linearen Stromelement* (abgesehen etwa von dem ganz unwesentlichen Unterschied, dass der Querschnitt eines linearen Stromelementes in der Regel kreisförmig gedacht wird, während der Querschnitt des Prismas von irgend welcher andern Gestalt ist). Wir können somit die

elektromotorische Kraft $\mathfrak{E}dt$, welche das Prisma $Dq_1\,Ds_1$ während der Zeit dt in dem gegebenen *linearen Leiterelement* Ds hervorbringt, unmittelbar durch die Formel (1. a, b) ausdrücken; und erhalten alsdann:

$$(4.)\quad \mathfrak{E}dt = Ds_1\,[(\varkappa\Theta\Theta_1 + \bar{\varkappa}\mathsf{E})\,J_1\,dr + \lambda J_1\,\Theta_1\,d\Theta + \mu\Theta d(J_1\,\Theta_1) + \nu d(J_1\,\mathsf{E})] + Ds_1\,[(\omega - \mu)\,\Theta\Theta_1 + (\bar{\omega} - \nu)\,\mathsf{E}]\,dJ_1,$$

wo J_1 die in dem Prisma vorhandene Stromstärke vorstellt, mithin den Werth besitzt:

$$(5.\,a)\qquad J_1 = u_1\,Dq_1\,.$$

Sind A, B, Γ die Richtungscosinus von Ds, und α, β, γ die Richtungscosinus von r ($Dv_1 \twoheadrightarrow Ds$) in Bezug auf die festgesetzten Coordinatenaxen x, y, z, so werden offenbar die in (4.) enthaltenen Grössen Θ, Θ_1, E die Werthe haben:

$$(5.\,b)\qquad \begin{aligned} \Theta &= \alpha\mathsf{A} + \beta\mathsf{B} + \gamma\Gamma, \\ \Theta_1 &= \alpha, \\ \mathsf{E} &= \mathsf{A}\,. \end{aligned}$$

Durch Benutzung dieser Werthe (5. a, b) gewinnt die Formel (4.) folgende Gestalt:

$$(6.)\quad \mathfrak{E}dt = Ds_1\,Dq_1\,[(\varkappa\Theta\alpha + \bar{\varkappa}\mathsf{A})\,u_1\,dr + \lambda u_1\,\alpha d\Theta + \mu\Theta d(u_1\,\alpha) + \nu d(u_1\mathsf{A})] + Ds_1\,Dq_1\,[(\omega - \mu)\,\Theta\alpha + (\bar{\omega} - \nu)\,\mathsf{A}]\,du_1\,.$$

Das Volumen Dv_1 ist *unendlich klein* vorausgesetzt; folglich haben nicht nur A, B, Γ, sondern auch r, α, β, γ und u_1 für alle das Volumen Dv_1 constituirenden Prismata einerlei Werthe. Summirt man also die Formel (6.) über all' diese Prismata, so erhält man für die von dem ganzen Volumen Dv_1 in Ds hervorgebrachte Kraft $\mathfrak{A}dt$, mit Rücksicht auf (3.), den Werth:

$$(7.\,a)\quad \mathfrak{A}dt = Dv_1\,[(\varkappa\Theta\alpha + \bar{\varkappa}\mathsf{A})\,u_1\,dr + \lambda u_1\,\alpha d\Theta + \mu\Theta d(u_1\,\alpha) + \nu d(u_1\mathsf{A})] + Dv_1\,[(\omega - \mu)\,\Theta\alpha + (\bar{\omega} - \nu)\,\mathsf{A}]\,du_1\,.$$

Hiemit ist der vorgelegte specielle Fall absolvirt.

Hätten wir in Dv_1 statt der mit der x Axe parallelen Strömung u_1 eine mit der y Axe parallele Strömung v_1 oder eine mit der z Axe parallele Strömung w_1 vorausgesetzt, so würden sich an Stelle von (7. a) offenbar folgende Formeln ergeben haben:

$$(7.\,b)\quad \mathfrak{B}dt = Dv_1\,[(\varkappa\Theta\beta + \bar{\varkappa}\mathsf{B})\,v_1\,dr + \lambda v_1\,\beta d\Theta + \mu\Theta d(v_1\,\beta) + \nu d(v_1\,\mathsf{B})] + Dv_1\,[(\omega - \mu)\,\Theta\beta + (\bar{\omega} - \nu)\,\mathsf{B}]\,dv_1,$$

(7. c) $$\mathfrak{C}dt = D\mathrm{v}_1 \left[(\varkappa\Theta\gamma + \bar{\varkappa}\Gamma) w_1\, dr + \lambda w_1 \gamma d\Theta + \mu\Theta d(w_1\gamma) + \nu d(w_1\Gamma) \right] + D\mathrm{v}_1 \left[(\omega - \mu)\Theta\gamma + (\bar{\omega} - \nu)\Gamma \right] dw_1 .$$

Die in (7. a, b, c) berechneten Kräfte $\mathfrak{A}dt$, $\mathfrak{B}dt$, $\mathfrak{C}dt$ sind also diejenigen, welche das Volumelement $D\mathrm{v}_1$ während der Zeit dt in dem gegebenen linearen Leiterelement Ds hervorbringen wird, falls man in jenem Volumelement eine der (den Coordinatenaxen parallelen) Strömungen u_1, v_1, w_1 voraussetzt.

II. *Behandlung des allgemeinen Falles.*

Dieser Fall ist, wie bereits angedeutet wurde, ohne Hinzuziehung einer neuen Hypothese nicht behandelbar. Die Hypothese, deren ich mich bedienen werde, ist identisch mit der von mir in den »*Elektrischen Kräften*« benutzten. Sie lautet:

(8.) *Hypothese Delta.**) — *Ist* $D\mathrm{v}_1$ *ein Volumelement eines körperlichen Inducenten, und wird die in* $D\mathrm{v}_1$ *vorhandene (der Richtung und Stärke nach variable) Strömung* i_1 *in Componenten* u_1, v_1, w_1 *zerlegt gedacht nach drei auf einander senkrechten mit der ponderablen Masse des Inducenten verbundenen Axen* x, y, z, *so soll angenommen werden, dass die elektromotorische Wirkung jener in* $D\mathrm{v}_1$ *vorhandenen Strömung stets identisch ist mit der elektromotorischen Gesammtwirkung der genannten drei Componenten.*

Bezeichnen wir also die von dem gegebenen Stromelement $i_1 D\mathrm{v}_1$ während der Zeit dt in dem gegebenen linearen Leiterelement Ds hervorgebrachte elektromotorische Kraft mit $\mathfrak{E}dt$, so ist zufolge dieser Hypothese:

(9.) $$\mathfrak{E}dt = \mathfrak{A}dt + \mathfrak{B}dt + \mathfrak{C}dt ,$$

wo die Kräfte rechts die in (7. a, b, c) genannte Bedeutung haben. Somit folgt durch Substitution der Werthe (7. a, b, c):

---

*) Genau dieselbe Hypothese habe ich bereits früher eingeführt: in diesen Berichten, August, 1872, pg. 162 (pg. 21 der Separatabzüge); ferner in den Math. Annalen, Bd. 6, pg. 619; endlich in meinem Werke: »*Die elektrischen Kräfte*« (1873), pg. 169. An den beiden ersten Orten habe ich diese Hypothese mit (δ.) bezeichnet.

$$(10.)\quad \mathfrak{E}dt = Dv_1\,[(\varkappa\Theta(au_1 + ..) + \bar{\varkappa}(Au_1 + ..))\,dr + \lambda(au_1 + ..)\,d\Theta + \mu\Theta d(au_1 + ..) + \nu d(Au_1 + ..)] + Dv_1\,[(\omega - \mu)\Theta(adu_1 + ..) + (\bar{\omega} - \nu)(Adu_1 + ..)]\,,$$

eine Formel, welche etwas kürzer auch so geschrieben werden kann:

$$(11.)\quad \mathfrak{E}dt = Dv_1\,[(\varkappa\Theta\Theta_1 + \bar{\varkappa}\mathsf{E})\,i_1\,dr + \lambda i_1\,\Theta_1\,d\Theta + \mu\Theta d(i_1\,\Theta_1) + \nu d(i_1\,\mathsf{E})] + Dv_1\,[(\omega - \mu)\,\Theta\,(adu_1 + ..) + (\bar{\omega} - \nu)(Adu_1 + ..)]\,,$$

wo alsdann Θ_1 und E die Cosinus derjenigen Winkel sind, unter welchen die in Dv_1 vorhandene (ihrer Richtung und Stärke nach variable) Strömung i_1 gegen r ($Dv_1 \gg\!\!\longrightarrow Ds$) und gegen Ds geneigt ist.

§ 2.

Die elektromotorische Wirkung der Elemente eines körperlichen Inducenten. Hypothese Epsilon.

Nach der üblichen Vorstellungsweise kann die elektromotorische Wirkung des Inducenten auf den inducirten Körper dadurch erhalten werden, dass man den erstern in unendlich kleine Elemente Dv_1 zerlegt, und sodann die Wirkungen dieser einzelnen Elemente berechnet.

Denkt man sich (der Bequemlichkeit willen) den inducirten Körper in Ruhe, so ist die elektromotorische Wirkung eines einzelnen Elementes Dv_1 abhängig von den Aenderungen seiner Intensität, seines Ortes und seiner Richtung, hingegen unabhängig von der *Art und Weise*, in welcher diese Aenderungen zu Stande kommen. So z. B. wird die in Rede stehende Wirkung ein und dieselbe sein, einerlei ob man die *Intensitäts*-Aenderung des Elementes Dv_1 durch einen vorbeibewegten Magnetpol oder statt dessen etwa dadurch hervorruft, dass man den Strom einer galvanischen Batterie von veränderlicher Stärke den Inducenten durchfliessen lässt. Ebenso wird die elektromotorische Wirkung des Elementes Dv_1 ein und dieselbe sein, einerlei ob man seine *Orts*veränderung vermittelst der Schwerkraft, oder vermittelst elektrischer Kräfte oder etwa vermittelst irgend eines Uhrwerkes bewerkstelligt. Ebenso endlich wird anzuneh-

men sein, dass die elektromotorische Wirkung des Elementes Dv_1 unabhängig sei von der Art und Weise, in welcher seine *Richtungs*änderung hervorgebracht wird, dass sie also ein und dieselbe sei, einerlei ob man die Richtungsänderung durch eine drehende Bewegung des ganzen Inducenten, oder (bei festgehaltenem Inducenten) durch eine Drehung des Stromes im Innern der ponderablen Masse bewerkstelligt. Diese Ueberlegungen führen, falls man der grösseren Bequemlichkeit willen das Element Dv_1 als eine unendlich kleine *Kugel* sich vorstellt, zu der

(12.) *Hypothese Epsilon, dass die Richtungsänderung eines unendlich kleinen kugelförmigen Stromelementes Dv_1 in einem ruhenden Leiterelement Ds ein und dieselbe elektromotorische Kraft hervorbringt, einerlei ob die ponderable Masse von Dv_1 an jener Richtungsänderung participirt oder nicht.*

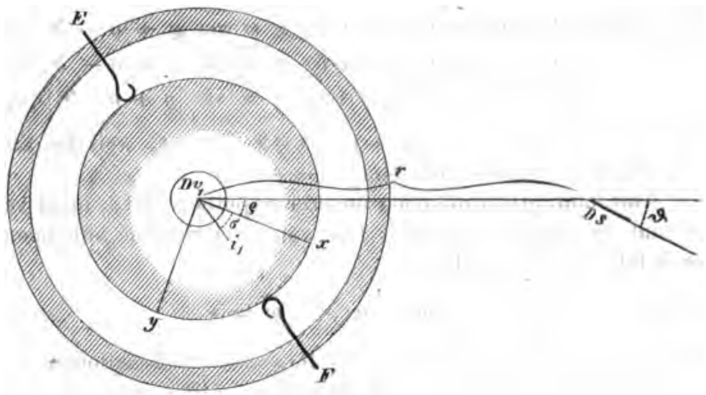
Diese Hypothese vorangeschickt, stellen wir uns nun folgende Aufgabe:

Eine kreisförmige Metallscheibe sei in Rotation begriffen um ihre vertikal aufgestellte geometrische Axe. Diese Axe nehmen wir zur z Axe, während die beiden andern Axen x und y in die horizontale Fläche der Scheibe eingravirt sein mögen, so dass sie an der Rotation theilnehmen. Der Rotationswinkel ϱ sei derjenige, welchen die x Axe mit einer horizontalen Linie r einschliesst, die vom Mittelpunkt der Scheibe nach dem unbeweglich aufgestellten Leiterelement Ds läuft. Um den Mittelpunkt der Scheibe sei im Innern der Scheibe eine unendlich kleine Kugel Dv_1 beschrieben. — Es soll die elektromotorische Wirkung untersucht werden, welche dieses kugelförmige Element Dv_1, während die Scheibe rotirt und gleichzeitig von elektrischen Strömungen durchflossen ist, auf das gegebene (unbeweglich aufgestellte) Leiterelement Ds ausübt. Dabei sei vorausgesetzt, dass die in Dv_1 vorhandene Strömung i_1 fortwährend horizontal bleibt, so dass also i_1, x, y, r, Ds Linien sind, die sämmtlich in derselben Horizontalebene liegen.

Um über die elektrische Bewegung im Innern der Scheibe eine anschauliche Vorstellung zu haben, wollen wir uns den Strom einer galvanischen Batterie durch die Scheibe hindurchgeleitet denken. Die Elektroden (d. i. die Enden der beiden Zuleitungsdrähte) E und F seien fest eingefügt in einen Porcellanring; dieser Ring habe (ebenso wie die Scheibe) zu seiner

geometrischen Axe die z Axe, und sei um diese Axe in Rotation begriffen.

Die Rotationsbewegungen der Metallscheibe und des Porcellanringes mögen von *verschiedenen Winkelgeschwindigkeiten* sein, so dass die Elektroden E und F mit federnder Reibung auf dem Rande der Scheibe dahinschleifen.



Bezeichnet nun σ den Winkel unter welchem die Strömung i_1 des Elementes Dv_1 gegen die (in die Scheibe eingravirte) x Axe geneigt ist, so erhält man, was die Formel (11.) betrifft:

$$\Theta = \cos\vartheta\,,$$

(13. a)
$$\Theta_1 = \cos\vartheta_1\,, \qquad \vartheta_1 = \varrho + \sigma\,,$$

$$\mathrm{E} = \cos\varepsilon\,, \qquad \varepsilon = \varrho + \sigma - \vartheta\,;$$

ferner erhält man:

(13. b)
$$u_1 = i_1 \cos\sigma\,, \quad \alpha = \cos\varrho\,, \quad \mathrm{A} = \cos(\varrho - \vartheta)\,,$$
$$v_1 = i_1 \sin\sigma\,, \quad \beta = -\sin\varrho\,, \quad \mathrm{B} = -\sin(\varrho - \vartheta)\,;$$

denn es sind in jener Formel (11.) die Componenten u_1, v_1, ebenso die Richtungscosinus α, β der Linie r, und ebenso die Richtungscosinus A, B des Elements Ds in der That auf ein Coordinatensystem bezogen, welches starr verbunden sein sollte mit der ponderablen Masse des Inducenten. Aus (13. b) folgt:

(13. c)
$$du_1 = \cos\sigma\, di_1 - \sin\sigma\, i_1\, d\sigma\,,$$
$$dv_1 = \sin\sigma\, di_1 + \cos\sigma\, i_1\, d\sigma\,,$$

und ferner:

$$(13.d)\quad \begin{aligned} \alpha du_1 + \beta dv_1 &= \cos(\varrho+\sigma)\, di_1 - \sin(\varrho+\sigma)\, i_1 d\sigma,\\ \mathsf{A} du_1 + \mathsf{B} dv_1 &= \cos(\varrho+\sigma-\vartheta)\, di_1 - \sin(\varrho+\sigma-\vartheta)\, i_1 d\sigma. \end{aligned}$$

Substituirt man diese Werthe (13. a, b, c, d) in die Formel (11.), so erhält man für die von $D\mathsf{v}_1$ in Ds hervorgebrachte elektromotorische Kraft $\mathfrak{E}dt$ den Werth:

$$(14.)\quad \begin{aligned} \mathfrak{E}dt = {} & D\mathsf{v}_1 [\omega \cos\vartheta \cos(\varrho+\sigma) + \bar{\omega} \cos(\varrho+\sigma-\vartheta)]\, di_1 \\ & - D\mathsf{v}_1 [\omega \cos\vartheta \sin(\varrho+\sigma) + \bar{\omega} \sin(\varrho+\sigma-\vartheta)]\, i_1 d\sigma \\ & - D\mathsf{v}_1 [\mu \cos\vartheta \sin(\varrho+\sigma) + \nu \sin(\varrho+\sigma-\vartheta)]\, i_1 d\varrho\,; \end{aligned}$$

denn es ist zu beachten, dass $dr = d\vartheta = 0$ ist, weil das Element Ds unbeweglich aufgestellt sein soll.

Nun kann aber $\mathfrak{E}dt$, nach unserer Hypothese (12.), nicht von $d\sigma$ und $d\varrho$ einzeln, sondern nur von ihrer Summe abhängen; somit folgt aus (14.), dass

$$(15.)\quad \omega = \mu\,, \qquad \bar{\omega} = \nu$$

sein muss; und dies sind die zu beweisenden Relationen (2.).

Man kann übrigens die Hypothese (12.) auch so aussprechen:

(16.) *Die Hypothese Epsilon in etwas anderer Form.**) — *Ein kugelförmiges Stromelement $D\mathsf{v}_1$, welches in Bezug auf Ort, Stromrichtung und Stromintensität constant bleibt, kann in einem ruhenden Drahtelement Ds keine elektromotorische Kraft hervorbringen.*

Das von uns betrachtete Element $D\mathsf{v}_1$ (Fig. pg. 139) wird diese Bedingungen erfüllen, sobald wir der Scheibe selbst eine beliebige constante Rotationsgeschwindigkeit zuertheilen, hingegen den Porcellanring *unbeweglich* aufstellen, ausserdem aber die Stärke der angewendeten galvanischen Batterie als constant voraussetzen. Denn alsdann wird sich sehr bald im Innern der Scheibe ein Zustand etabliren, welcher constant bleibt mit Bezug

---

*) Ungefähr in derselben Form habe ich diese Hypothese bereits früher eingeführt: in diesen Berichten, August, 1872, pg. 162 (pg. 21 der Separatabzüge); ferner in den Math. Annalen, Bd. 5, pg. 619; endlich in den »*Elektrischen Kräften*« (1873), pg. 187. An den beiden ersten Orten findet sich diese Hypothese mit (ϵ.) bezeichnet.

auf den absoluten Raum oder (genauer ausgedrückt) mit Bezug auf den an r und Ds sich anlehnenden Raum. In der That werden bei diesem Zustande $\varrho + \sigma$ und i_1 constant bleiben, so dass man erhält:

$$di_1 = 0\,, \qquad d\sigma = -\,d\varrho\,;$$

wodurch die Formel (14.) übergeht in:

$$(17.)\qquad \mathfrak{E}dt = Dv_1\,[\,(\omega - \mu)\cos\vartheta\sin(\varrho + \sigma) + (\bar{\omega} - \nu)\sin(\varrho + \sigma - \vartheta)\,]\,i_1\,d\varrho\,.$$

Zufolge unserer Hypothese (16.) soll aber in diesem Fall, wo Dv_1 in Bezug auf Ort, Stromrichtung und Stromintensität constant bleibt, die von Dv_1 hervorgebrachte elektromotorische Kraft gleich *Null* sein. Somit folgt aus (17.):

$$(18.)\qquad \omega = \mu\,, \qquad \bar{\omega} = \nu\,;$$

und dies sind die zu beweisenden Relationen (2.).

Zur Unterstützung der Hypothese (12.), resp. (16.) mag schliesslich auf die höchst unwahrscheinlichen Consequenzen aufmerksam gemacht werden, zu denen man gelangen würde, falls man diese Hypothese *nicht* adoptiren wollte. Es würden nämlich alsdann $\omega - \mu$ und $\bar{\omega} - \nu$ von Null verschieden sein, so dass man nach (17.) erhalten würde:

$$(19.)\qquad \mathfrak{E} = Dv_1\,[\,(\omega - \mu)\cos\vartheta\sin(\varrho + \sigma) + (\bar{\omega} - \nu)\sin(\varrho + \sigma - \vartheta)\,]\,i_1\,\frac{d\varrho}{dt}$$

wo $\frac{d\varrho}{dt}$ die Winkelgeschwindigkeit der rotirenden Scheibe vorstellt. Denkt man sich also diese Winkelgeschwindigkeit constant, aber von sehr grossem Werthe, so wird die Kraft $\mathfrak{E}$ ebenfalls eine sehr grosse sein; und man würde also zu dem Resultat gelangen, dass das Element Dv_1, obgleich es in Bezug auf Ort, Stromrichtung und Stromintensität constant bleibt, dennoch in einem ruhenden Leiterelement Ds eine *beliebig grosse* elektromotorische Kraft hervorzubringen im Stande sei.

§ 3.

Weitere Betrachtungen über die Hypothese Epsilon.

Wir wollen alle zu betrachtenden Bewegungen und Geschwindigkeiten auf einen bestimmten Raum, etwa auf den *Raum des Zimmers* beziehen, in welchem wir uns befinden; so dass also z. B. irgend ein Gegenstand als *ruhend* zu bezeichnen ist, sobald er in diesem Zimmer eine feste Aufstellung hat. Der Mittelpunkt des Fussbodens diene als Anfangspunkt eines Coordinatensystems, dessen Axen ξ, η, ζ den Kanten des Zimmers parallel sind; ξ, η horizontal und ζ vertikal.

Die Axe ζ sei zugleich die geometrische Axe einer kreisrunden Metallscheibe, durch welche vermittelst zweier Elektroden *E, F* (vergl. die Figur pag. 139) der Strom einer *Galvanischen Batterie von constanter Stärke* geleitet ist. Es soll die elektromotorische Wirkung dieser Scheibe auf ein lineares Leiterelement *Ds* betrachtet werden, sowohl in dem Falle, dass die Scheibe stillsteht, als auch in dem Falle, dass sie um ihre geometrische Axe ζ mit constanter Geschwindigkeit rotirt. Dabei sei vorausgesetzt, dass, ausser der Scheibe selber, alle übrigen Gegenstände: die Batterie, die Zuleitungsdrähte, die Elektroden *E*, *F*, das Leiterelement *Ds* in fester Aufstellung sich befinden.

Mag die Scheibe *stillstehen* oder mit constanter Geschwindigkeit *rotiren*, im einen wie im andern Falle wird offenbar im Innern der Scheibe ein elektrischer Strömungszustand entstehen, welcher *constant ist mit Bezug auf den Raum des Zimmers*. Nun ist im *erstern* Fall der elektromotorische Effect der Scheibe auf das Element *Ds* ohne Zweifel gleich Null; somit scheint zu folgen, dass dieser Effect im *letztern* Fall ebenfalls Null sein müsse. — Ein derartiger Schluss von dem einen Fall auf den andern würde indessen sehr übereilt sein; denn die den beiden Fällen entsprechenden Strömungszustände stimmen allerdings mit einander überein hinsichtlich der eben genannten Constanz, sind aber dennoch von wesentlich verschiedenem Charakter, wie sogleich gezeigt werden soll.

Unter der Geschwindigkeit der elektrischen Bewegung pflegt man bekanntlich die *relative* Geschwindigkeit der Elektricität in Bezug auf die ponderable Masse zu verstehen. Soll also die

absolute Geschwindigkeit der Elektricität angegeben werden, so hat man zu jener relativen Geschwindigkeit noch die Geschwindigkeit der ponderablen Masse hinzuzufügen.

Es sei nun (ξ, η, ζ) irgend eine Stelle innerhalb des von der Scheibe occupirten Raumes*); wir wollen diejenigen Geschwindigkeiten betrachten, mit denen die ponderablen und elektrischen Theilchen der Scheibe jene Stelle (ξ, η, ζ) passiren, indem wir dabei alle Geschwindigkeiten *absolut* rechnen, nämlich beziehen auf den *Raum des Zimmers*.

Die Geschwindigkeit, mit welcher die *ponderable* Masse der Scheibe durch (ξ, η, ζ) geht, ist offenbar, je nachdem die Scheibe feststeht oder rotirt, $= 0$ oder $= a\omega$, wo ω die Winkelgeschwindigkeit der Scheibe und a ein von (ξ, η, ζ) auf die Drehungsaxe ζ gefälltes Perpendicel bezeichnet. Andererseits werden die Geschwindigkeiten, mit denen die *beiderlei Elektricitäten* jene Stelle (ξ, η, ζ) passiren, falls die Scheibe stillsteht, durch

$$\text{(I.)}\qquad \begin{array}{l} +V, \\ -V, \end{array}$$

und falls sie rotirt, durch

$$\text{(II.)}\qquad \begin{array}{l} a\omega + V', \\ a\omega - V' \end{array}$$

dargestellt sein. Dabei sind $a\omega$, V, V' als Linien von bestimmter Richtung und Länge anzusehen, deren Addition oder Subtraction in *geometrischer* Weise (in *Möbius*'scher Art) zu bewerkstelligen ist**); demgemäss sind unter $+V$ und $-V$ zwei Linien von gleicher Länge und entgegengesetzter Richtung; andererseits aber unter $a\omega + V'$ und $a\omega - V'$ zwei Linien zu verstehen, die von verschiedener Länge und unter irgend welchem Winkel gegen einander geneigt sind.

In jedem der betrachteten beiden Fälle kann also der in (ξ, η, ζ) vorhandene Strömungszustand durch zwei von (ξ, η, ζ) ausgehende Linien dargestellt werden. Diese Linien sind von

---

*) Die Coordinaten des Punktes (ξ, η, ζ) sind in bestimmter Weise gegeben zu denken; so dass also dieser Punkt in Bezug auf den Raum des Zimmers eine *unveränderliche* Lage besitzt.

**) Selbstverständlich repräsentiren V und V' die *relative* Geschwindigkeit der elektrischen Materie im einen und im andern Falle.

gleicher Länge und entgegengesetzter Richtung, falls die Scheibe stillsteht, hingegen von verschiedener Länge und irgend welchen Winkel einschliessend, falls die Scheibe rotirt. Die den beiden Fällen entsprechenden Strömungszustände sind also in der That von so *ausserordentlich verschiedenem Charakter*, dass ein Schluss von dem einen Fall auf den andern unstatthaft erscheint. Wenn daher (was keinem Zweifel unterliegt) die elektromotorische Wirkung der Scheibe auf das Leiterelement *Ds* im erstern Falle Null ist, so folgt hieraus noch keineswegs, dass sie im letztern Falle ebenfalls Null sein müsse.*)

Jene Verschiedenheit im Charakter der beiden Strömungszustände *verschwindet* jedoch, sobald wir uns auf solche Stellen (ξ, η, ζ) beschränken, welche der Drehungsaxe ζ unendlich nahe liegen. Denn alsdann wird a unendlich klein; so dass also das den Unterschied der Formeln (I.), (II.) ausmachende Glied $a\omega$ fortfällt. Denken wir uns daher im Innern der Scheibe um irgend einen Punkt der Axe ζ mit unendlich kleinem Radius eine Kugel beschrieben, so wird der innerhalb dieser Kugel vorhandene Strömungszustand, bezogen auf den Raum des Zimmers, nicht nur in beiden Fällen *constant*, sondern auch in beiden Fällen von *gleichem Charakter* sein; folglich wird die von dieser Kugel in *Ds* erzeugte elektromotorische Kraft, weil sie im Falle der stillstehenden Scheibe Null ist, auch Null sein im Falle der rotirenden Scheibe.

---

*) Ich erinnere bei dieser Gelegenheit an das Experiment der sogenannten *unipolaren Induction*, welches ohne Zweifel (bei passender Einrichtung) auch dann gelingen wird, wenn man statt des Magneten ein Solenoid benutzt. Dieses Experiment (sein wirkliches Gelingen vorausgesetzt) zeigt alsdann, dass die von dem Solenoid in einem ruhenden Leiterelement *Ds* inducirte elektromotorische Kraft Null ist, falls das Solenoid *stillsteht*, hingegen von Null verschieden ist, sobald das Solenoid um seine geometrische Axe mit constanter Geschwindigkeit *rotirt*.

Denken wir uns die Axe des Solenoids und das Element *Ds* unbeweglich aufgestellt im Raume des Zimmers, so wird der im Solenoide vorhandene Strömungszustand, bezogen auf den Raum des Zimmers, im einen Falle

constant und vom Charakter (I.),

im andern Falle hingegen

constant und vom Charakter (II.)

sein. Im erstern Fall ist die auf das ruhende Leiterelement *Ds* ausgeübte elektromotorische Kraft gleich Null, im letztern Falle aber von Null verschieden.

Hiermit aber sind wir zur *Hypothese Epsilon* und zugleich auch zu der Einsicht gelangt, dass diese Hypothese auf den Fall einer *unendlich kleinen* Kugel zu beschränken ist.

Von einem wirklich concludenten Beweise der Hypothese Epsilon kann selbstverständlich nicht die Rede sein. Die vorstehende Betrachtung wird aber dazu dienen, diese Hypothese vom Standpunkt der *dualistischen* Anschauungsweise einigermassen plausibel zu machen. Aehnliches hätte sich übrigens, wie leicht zu übersehen, auch bewerkstelligen lassen unter Zugrundelegung der *unitarischen* Anschauungsweise.

§ 4.

Ueber die von Helmholtz proponirten Theorien und über die Helmholtz'sche Constante k.

Die ursprünglich (1870) von *Helmholtz* aufgestellte Theorie geht bekanntlich aus von der Existenz eines elementaren Potentiales *) und leugnet das *Ampère*'sche Gesetz. Neben dieser Theorie (und ohne dieselbe einstweilen aufzugeben) ist nun von *Helmholtz* neuerdings (1874) eine zweite Theorie angedeutet worden (Borch. J. Bd. 78, pg. 316—324), welche umgekehrt das *Ampère*'sche Gesetz als Grundlage benutzt, und die Existenz eines elementaren Potentiales aufgiebt.

Dass die *ursprüngliche Helmholtz*'sche Theorie (1870) in Widerspruch steht mit den bekannten elektromagnetischen Rotationserscheinungen, ist von mir bereits mehrfach bemerkt worden; und die etwas künstlichen und wenig ansprechenden Stützen, welche *Helmholtz* zur Rettung seiner Theorie einstweilen hervorgesucht hat, dürften angesichts der kürzlich publicirten *Zöllner*'schen Experimente (diese Berichte, August 1874) ihren Dienst versagen.

Was andererseits die *neuere Helmholtz*'sche Theorie (1874) betrifft, so scheint dieselbe nahe verwandt mit derjenigen Theorie, welche von mir bereits vor zwei Jahren entwickelt ist.**)

---

*) Ich verstehe hier unter *elementarem Potential* einen von den betrachteten Stromelementen abhängenden Ausdruck, welcher durch seine Differentiation nach der räumlichen Lage die zwischen den beiden Elementen stattfindenden ponderomotorischen Wirkungen ergiebt.

**) Man findet diese Theorie *in ihren Hauptumrissen kurz angedeutet* in diesen Berichten, August 1872, pg. 157—164 (pg. 16—23 der Separatab-

Der einzige Unterschied zwischen beiden dürfte in den *Hypothesen Delta und Epsilon* zu suchen sein. In der That lässt sich zeigen, dass bei *Anerkennung* dieser Hypothesen die Formeln der einen Theorie mit denen der andern identisch werden.

Helmholtz hat nämlich in seiner neueren Theorie [Borchardt's Journal, Bd. 78, pg. 320, Form. (8[a]) und (8[b])] für die von einem Stromelement $J_1 Ds_1$ in einem Leiterelement Ds während der Zeit dt inducirte elektromotorische Kraft $\mathfrak{E}dt$ einen Werth entwickelt, welcher unter Beibehaltung der im Vorhergehenden benutzten Bezeichnungen sich folgendermassen darstellt:

$$(20.)\quad \mathfrak{E}dt = A^2\left[-\frac{\Theta\Theta_1}{r} + \frac{1+k}{2}\,\frac{\Theta\Theta_1 - \mathsf{E}}{r}\right](dJ_1)\,Ds_1 + A^2 J_1\left[-\frac{\Theta\, d(\Theta_1 Ds_1)}{r} - \frac{(\Theta\Theta_1 - \mathsf{E})\,Ds_1\, dr}{r^2} + \frac{1+k}{4}\, d\,\frac{(\Theta\Theta_1 - \mathsf{E})\,Ds_1}{r}\right];$$

dabei bezieht sich das Differential $d(Ds_1)$ auf diejenige Verlängerung von Ds_1, welche etwa in Folge der Bewegung entsteht. (Vrgl. pag. 128, 129.)

Setzt man also, wie in meinen Aufsätzen *stets* geschehen ist, voraus, dass die Elemente Ds, Ds_1 *ihrer Länge nach unveränderlich* sind, so nimmt die *Helmholtz*'sche Formel (20.) folgende Gestalt an:

$$(21.)\quad \mathfrak{E}dt = A^2 J_1\, Ds_1\left[-\frac{\Theta d\Theta_1}{r} - \frac{(\Theta\Theta_1 - \mathsf{E})dr}{r^2} + \frac{1+k}{4}\, d\,\frac{\Theta\Theta_1 - \mathsf{E}}{r}\right] + A^2(dJ_1)\,Ds_1\left[-\frac{\Theta\Theta_1}{r} + \frac{1+k}{2}\,\frac{\Theta\Theta_1 - \mathsf{E}}{r}\right],$$

oder (was dasselbe ist) folgende:

$$(22.)\quad \mathfrak{E}dt = A^2 Ds_1\left[-\frac{\Theta\, d(J_1\Theta_1)}{r} - \frac{J_1(\Theta\Theta_1 - \mathsf{E})dr}{r^2} + \frac{1+k}{4}\, d\,\frac{J_1(\Theta\Theta_1 - \mathsf{E})}{r}\right] + A^2 Ds_1 \cdot \frac{1+k}{4}\,\frac{(\Theta\Theta_1 - \mathsf{E})\,dJ_1}{r}.$$

Nimmt man nun statt des linearen Elementes $J_1 Ds_1$ ein körperliches Stromelement $i_1 Dv_1$, und acceptirt man die Hypothesen

---

züge), ferner in den Math. Annalen, Bd. 6, pg. 614—624; sodann aber *ausführlicher entwickelt* theils in meinem Werke: »*Die elektrischen Kräfte*« (Leipzig 1873), theils in den Abh. d. Kgl. Sächs. Ges. d. Wiss. 1873, pg. 419—503.

Delta und *Epsilon*, so führt die Formel (22.), wie aus den Expositionen der vorhergehenden §§ leicht hervorgeht, zu dem Resultat, dass das in (22.) in zweiter Zeile stehende Glied identisch Null, mithin

$$(23.)\qquad k = -1$$

sein müsse. Zugleich verwandelt sich alsdann die Formel (21.) oder (22.) in die von mir gegebene. [Vgl. meine Abhandlung (1873), pg. 500, und auch die »*Elektr. Kräfte*«, pg. 218.]

§ 5.

Ueber die Frage, ob der Werth $k = -1$ verträglich sei mit einem stabilen Gleichgewicht der elektrischen Materie.

Meine Untersuchung führt, wie eben gezeigt, zu dem Resultat, dass $k = -1$ sei, und führt also, was die Bewegung der Elektricität in ruhenden Körpern betrifft, zu denjenigen Ausdrücken der elektromotorischen Kräfte:

$$\mathfrak{X}dt = -4A^2 D\mathrm{v}_1\left(\frac{d\psi}{dr}\right)^2 \frac{x-x_1}{r}\,\frac{(x-x_1)du_1 + (y-y_1)dv_1 + (z-z_1)dw_1}{r},$$

$$(24.)\quad \mathfrak{Y}dt = -4A^2 D\mathrm{v}_1\left(\frac{d\psi}{dr}\right)^2 \frac{y-y_1}{r}\,\frac{(x-x_1)du_1 + (y-y_1)dv_1 + (z-z_1)dw_1}{r},$$

$$\mathfrak{Z}dt = -4A^2 D\mathrm{v}_1\left(\frac{d\psi}{dr}\right)^2 \frac{z-z_1}{r}\,\frac{(x-x_1)du_1 + (y-y_1)dv_1 + (z-z_1)dw_1}{r},$$

welche *Kirchhoff* in seinen Differentialgleichungen benutzt hat. [Vergl. meine Abhandlung (1873), pg. 501, und die »*Elektr. Kräfte*« pg. 194.] Die Ausdrücke (24.) sind nämlich in der That mit den *Kirchhoff*'schen identisch, vorausgesetzt, dass man die Function ψ nicht nur für *beträchtliche* Entfernungen, sondern *allgemein* $= \sqrt{r}$ setzt. Jene *Kirchhoff*'schen Differentialgleichungen aber sind, wie *Helmholtz* in seiner ersten Abhandlung (Borchardt's Journal, Bd. 72) nachgewiesen hat, unhaltbar, nämlich unverträglich mit einem stabilen Gleichgewicht der elektrischen Materie.

Obgleich ich weit entfernt bin, den hier zu Tage tretenden Widerspruch definitiv beseitigen zu können, so mag es mir doch,

bei der Wichtigkeit der Sache, gestattet sein, meine *vorläufigen Vermuthungen**) über diesen Punkt kurz anzudeuten.

I. Ich unterscheide zwischen den von *Kirchhoff* für die elektromotorischen Kräfte gegebenen Ausdrücken (24.) und zwischen den *Kirchhoff*'schen Differentialgleichungen. Letztere lauten:

$$(25.)\qquad \begin{aligned} \varkappa u &= -\frac{\partial\Phi}{\partial x} + \Sigma\,\mathfrak{X}\,, \\ \varkappa v &= -\frac{\partial\Phi}{\partial y} + \Sigma\,\mathfrak{Y}\,, \\ \varkappa w &= -\frac{\partial\Phi}{\partial z} + \Sigma\,\mathfrak{Z}\,, \end{aligned}$$

wo $\varkappa$ die reciproce Leitungsfähigkeit, Φ das elektrostatische Potential, und $\mathfrak{X}$, $\mathfrak{Y}$, $\mathfrak{Z}$ die Kräfte (24.) vorstellen. Dabei ist die Summation Σ über alle Volumelemente Dv_1 des gegebenen Körpers ausgedehnt zu denken.

II. Es scheint mir nicht gerade unmöglich, dass bei der Bewegung der Elektricität in einem Körper ausser den elektrodynamischen Kräften $\mathfrak{X}$, $\mathfrak{Y}$, $\mathfrak{Z}$ und ausser den elektrostatischen Kräften $-\frac{\partial\Phi}{\partial x}$, $-\frac{\partial\Phi}{\partial y}$, $-\frac{\partial\Phi}{\partial z}$, noch *andere* Kräfte thätig sein könnten, die wir bis jetzt nicht kennen. Auch erscheint es mir nicht unmöglich, dass unsere Kenntniss über die elektromotorische Wirkung der elektro*statischen* Kräfte eine mangelhafte sein könnte, so dass also die für diese Wirkung benutzten Ausdrücke $-\frac{\partial\Phi}{\partial x}$, $-\frac{\partial\Phi}{\partial y}$, $-\frac{\partial\Phi}{\partial z}$ vielleicht fehlerhaft sein könnten. In beiden Fällen würden die Ausdrücke (24.) richtig, trotzdem aber die *Kirchhoff*'schen Differentialgleichungen (25.) unrichtig sein; wodurch der in Rede stehende Widerspruch beseitigt werden könnte.

III. Es scheint mir nicht gerade unmöglich, dass der Ein-

---

*) Dass ich auf diesen Gegenstand tiefer einzugehen vermeide, ist eine Consequenz des von mir verfolgten wissenschaftlichen Planes, wie bereits bei einer früheren Gelegenheit (Abh. d. Kgl. Sächs. Ges., 1874, pag. 192, 193) näher dargelegt worden ist.

klang zwischen den *Kirchhoff*'schen Differentialgleichungen (25.) und der Stabilität des Gleichgewichts hergestellt werden könnte durch Einführung irgend welcher Molecularkräfte.

Um mich deutlicher auszudrücken, erinnere ich an die bekannte Theorie elastischer Körper. Wollte man hier das *Newton*'sche Gesetz der allgemeinen Gravitation (ohne Zufügung irgend welcher Molecularkräfte) anwenden, so würde die auf irgend ein Molecül des elastischen Körpers von seiner *unmittelbaren Umgebung* ausgeübte Wirkung von gleicher Ordnung sein mit derjenigen Wirkung, welche auf dieses Molecül von den *entfernteren Theilen des Körpers* hervorgebracht wird. — Offenbar ist nun aber ein stabiles Gleichgewicht des Körpers nur dann möglich, wenn die erstgenannte Wirkung gegenüber der letztern *präponderirt*, also nur dann möglich, wenn zu den der allgemeinen Gravitation entsprechenden Kräften noch gewisse Molecularkräfte hinzufügt werden. In der That hat man in der Theorie der Elasticität durch Einführung solcher Molecularkräfte (der sogenannten elastischen Kräfte) die in Rede stehende Präponderanz wirklich hergestellt, — jedoch *nicht allgemein* hergestellt, sondern offenbar nur für den Fall, dass die Dimensionen des betrachteten Körpers ein gewisses Maass nicht überschreiten. Denn wie stark man jene Molecularkräfte auch annehmen mag, immer wird bei hinlänglicher Vergrösserung des Körpers jene Präponderanz aufhören; und das stabile Gleichgewicht eines elastischen Körpers ist daher, auf Grund der bisherigen Principien der Elasticitätstheorie, immer nur so lange möglich, als die Grösse des Körpers ein gewisses (von der Stärke jener Molecularkräfte abhängendes) Maass nicht überschreitet.*)

Aehnlich kann es sich bei den elektrischen Kräften verhalten. Alsdann würden in den *Kirchhoff*'schen Differentialgleichungen (25.) zu den dort vorhandenen Kräften noch gewisse Molecularkräfte zuzufügen sein. Ob diese letztern durch eine passende Bestimmung der Function ψ oder in anderer Weise einzuführen sind, bleibt eine offene Frage. — Durch diese Mo-

*) Denkt man sich dieses Maass überschritten, so würde der Körper, falls die bisherigen Principien der Elasticitätstheorie die richtigen sind, seinen elastischen Charakter verlieren und den einer Flüssigkeit annehmen.

cularkräfte werden alsdann das stabile Gleichgewicht und die stabile Bewegung der elektrischen Materie so lange gesichert sein, als die Molecularkräfte gegenüber den anderweitigen Kräften präponderiren. Diese letztern sind aber, falls z. B. der Körper keinen *äussern* Einflüssen unterliegt, abhängig theils von der Grösse des Körpers, theils von der Intensität der in ihm vorhandenen elektrischen Bewegung. Ist also die Intensität der Bewegung gegeben, so würde durch Einführung jener Molecularkräfte die Stabilität so lange gesichert sein, als die Grösse des Körpers ein gewisses Maass nicht überschreitet; und ist umgekehrt die Grösse des Körpers gegeben, so wird durch Einführung jener Kräfte die Stabilität gesichert sein, so lange als die Intensität der Bewegung ein gewisses Maass nicht überschreitet.

Dass die Stabilität *ganz allgemein, unter allen überhaupt denkbaren Umständen* gesichert sein müsse, scheint mir nicht erforderlich, — ebensowenig erforderlich, als solches in der Theorie der Elasticität der Fall ist. Wenn daher Herr *Helmholtz* (Borchardt's Journal, Bd. 75, pg. 58) äussert, die erforderliche Correction der *Kirchhoff*'schen Differentialgleichungen (25.) könne durch Einführung von Molecularkräften *nicht* bewirkt werden, weil derartige Kräfte *bei genügender Vergrösserung der Dimensionen des Körpers* die nöthige Präponderanz verlieren würden, so glaube ich einem solchen Argument kein grosses Gewicht beilegen zu können.

§ 6.

Nachträgliche Bemerkung.

Wir wollen die rechte Seite der Formel (1.b) mit dem Querschnitt q_1 des Elementes Ds_1 gleichzeitig multipliciren und dividiren. Mit andern Worten: wir wollen daselbst überall setzen

$$q_1 Ds_1 \text{ an Stelle von } Ds_1 \;,$$

und

$$\frac{J_1}{q_1} = i_1 \text{ an Stelle von } J_1 \;.$$

Alsdann ergiebt sich:

$$(26.)\quad \mathfrak{E}dt = Dv_1 \left[(\varkappa \Theta\Theta_1 + \bar{\varkappa} \mathsf{E}) i_1 dr + \lambda i_1 \Theta_1 d\Theta + \mu\Theta d(i_1 \Theta_1) + \nu d(i_1 \mathsf{E}) \right] + Dv_1 \left[(\omega - \mu)\Theta\Theta_1 + (\bar{\omega} - \nu)\mathsf{E} \right] di_1 ,$$

wo Dv_1 das *Volumen* des inducirenden Elementes und i_1 die in ihm vorhandene *Strömung* bezeichnet.

In der Formel (26.) treten i_1 und di_1 in folgenden vier Verbindungen auf:

$$(27.\text{a})\qquad \Theta_1 i_1 , \quad \mathsf{E} i_1 ,$$
$$(27.\text{b})\qquad \Theta_1 di_1 , \quad \mathsf{E} di_1 ;$$

es ist aber:

$$(28.\text{a})\quad \Theta_1 i_1 = (\alpha u_1 + \ldots) , \qquad \mathsf{E} i_1 = (\mathsf{A} u_1 + \ldots) ,$$
$$(28.\text{b})\quad \Theta_1 di_1 = (\alpha u_1 + \ldots)\, d(\log i_1) , \quad \mathsf{E} di_1 = (\mathsf{A} u_1 + \ldots)\, d(\log i_1) ,$$

falls man nämlich die Componenten von i_1 mit u_1, v_1, w_1, ferner die Richtungscosinus des Leiterelementes Ds mit A, B, Γ, endlich die Richtungscosinus der Verbindungslinie r ($Dv_1 \gg\!\!\longrightarrow Ds$) mit α, β, γ bezeichnet.

Die Werthe (28. a, b) sind in die Formel (26.) zu substituiren, falls dieselbe angewendet werden soll auf das Volumelement Dv_1 eines *körperlichen* Inducenten. Höchst unwahrscheinlich aber ist, dass die von einem solchen Element hervorgebrachte elektromotorische Kraft $\mathfrak{E}dt$ Glieder enthalte sollte, welche mit

$$(29.)\qquad d(\log i_1)$$

behaftet sind. Diese Unwahrscheinlichkeit als maassgebend betrachtet, folgt daher, dass die in der Formel (26.) in die Ausdrücke (28. b) multiplicirten Factoren

$$(30.)\qquad \omega - \mu \quad \text{und} \quad \bar{\omega} - \nu$$

Null sein müssen; und hiemit sind wir hingelangt zu den zu beweisenden Relationen (2.).

Die in diesem § exponirte Methode ist ungefähr diejenige, welche beim Nachdenken über die Formel des elektromotorischen Elementargesetzes *ganz zu Anfang* sich mir darbot. Sie zeichnet sich aus durch Kürze, leidet aber an mancherlei Unklarhei-

ten, und ist deswegen schon bei meinen *ersten Publicationen* über diesen Gegenstand (z. B. in diesen Berichten, August 1872) mit derjenigen Methode vertauscht worden, welche in § 1 und § 2 dieser Zeilen von Neuem dargelegt wurde. Bei der einen Methode sind die hypothetischen Elemente *verdeckt*, bei der andern *scharf beleuchtet;* und hierin liegt der Vorzug der letztern Methode gegenüber der erstern.

Dr. L. **Lesser**, *Ueber die Anpassung der Gefässe an grosse Blutmengen.* Aus dem physiologischen Institute zu Leipzig. Vorgelegt von dem wirkl. Mitgliede *C. Ludwig.*

Mit zwei Holzschnitten.

Die Thatsachen, welche *Worm Müller* über die Abhängigkeit des arteriellen Druckes von der Blutmenge aufgedeckt hatte, verlangten noch mannichfache Ergänzungen, wenn ihr Zusammenhang verstanden werden sollte. Herr Prof. *C. Ludwig* forderte mich auf, meine Aufmerksamkeit dem Gegenstande zuzuwenden. Das Ergebniss meiner Bemühung lege ich im Folgenden vor.

I. Lässt sich am lebenden Thier aus der Färbekraft die Blutmenge bestimmen, wenn sie durch Transfusion bedeutend vermehrt ist? Diese Frage warf ich mir darum auf, weil es durch die Versuche *W. Müller's* ungewiss geblieben war, ob das Thier nach der Transfusion ein Blutvolum besass, welches der Summe des ursprünglichen und des eingespritzten gleichkam. Da auch nach sehr mächtigen Ueberfüllungen kein Austritt von Farbstoff erfolgte, so musste das vom Thier beherbergte Blutroth die Summe des ursprünglichen und des eingespritzten darstellen.

Könnte man nun ausser dem leicht bestimmbaren mittleren Farbstoffgehalt des injizirten Blutes auch noch den des ursprünglichen und des Mischblutes finden, so würde man nach Anleitung der Methode *Valentin's* [1]) die Blutmenge des überfüllten Thieres auszurechnen vermögen. Nach dem bisher geübten Verfahren war aber wenig Hoffnung auf eine Bestimmung der mittleren Färbekraft des ursprünglichen und des Mischblutes vorhanden. Denn der Farbstoffgehalt einer kleinen Probe, welche man dem Thiere abgezogen hat, erlaubt uns keinen Schluss auf die Färbe-

1) *Valentin's* Physiologie 2. Auflage I. Band 494.

kraft des im Körper kreisenden Blutes, weil dieses weniger Haemoglobin als der zuerst abgenommene Theil zu enthalten pflegt. Den Grund warum die ersten Portionen eines Aderlasses mehr Farbstoff enthalten als die spätern, hat man häufig in einer Verdünnung des Blutes gesucht, welche durch die rasch einströmende Lymphe bedingt werde. Wäre diese Annahme richtig, so würde man in der That nach Unterbindung der beiden ductus thoracici aus jeder beliebigen Probe des Blutes den wahren Farbstoffgehalt desselben finden können. Dieses musste zunächst untersucht werden. Zu diesem Ende wurden kräftigen Hunden entweder nur der ductus sinister oder zugleich auch der ductus dexter verschlossen, und darauf an einer Reihe hintereinander abgelassener Blutproben der Wassergehalt des Serums und die Färbekraft des ganzen Blutes bestimmt.

1. Ueber die Aenderung der Rückstandsprocente des Blutserums in Folge der Blutentziehung nach Unterbindung der grossen Lymphstämme. In der Literatur, welche von der Blutanalyse handelt, findet sich mehrfach die Angabe, dass das Blutserum in Folge wiederholter Aderlässe wasserhaltiger werde [1]. Es war also zu ermitteln, ob sich dieses auch bei Thieren ereigne, deren Lymphstämme unterbunden waren.

Ueber den Gang der Versuche ist zu bemerken, dass den Hunden nach Feststellung ihres Gewichtes zuerst die Lymphstämme — einer oder beide — unterbunden wurden. Bei dieser Operation gingen höchstens einige Tropfen Blutes verloren. Hierauf begann die Blutung durch ein möglichst weites Röhrchen, das in die art. carotis gleich nach ihrem Austritt aus der Brusthöhle eingesetzt war. Die zeitliche Folge, nach welcher die verschiedenen Portionen von Blut entleert wurden, war in den verschiedenen Beobachtungen eine ungleiche. Entweder die Thiere wurden möglichst rasch bis zum Tode entblutet, oder es wurden zwischen die auf einander folgenden Aderlässe längere Pausen, in welchen der Blutfluss stillstand, eingeschoben, bevor die Entleerung bis zum eintretenden Tode fortgesetzt wurde. Da mit der Bestimmung des Serumrückstandes diejenige der Färbe-

---

1) *Becquerel* und *Rodier*, Neue Untersuchung über die Zusammensetzung des Blutes. 1847. p. 22. — *Popp*, Ueber die Beschaffenheit des menschlichen Blutes. 1845. p. 89.

kraft verbunden werden sollte, so wurde bei dem Auffangen des Blutes in der Regel folgendermassen verfahren: Zuerst wurde in einem verschliessbaren Glasgefässe, auf dessen Boden Glasperlen lagen, eine abgemessene Quantität von Blut aufgefangen, welche im geschlossenen Raume defibrinirt und zur Bestimmung der Färbekraft benutzt wurde. Hierauf wurde eine grössere Blutmenge in einen graduirten Cylinder übergeführt, der zur Abscheidung des Serums auf die Centrifuge kam. In gleicher Weise wurde abwechselnd mit dem Auffangen fortgefahren, solange noch das Blut von selbst floss. Nachdem sich die eigenen Mittel des Thieres erschöpft hatten, wurden die Hinterpfoten desselben emporgehoben, gebeugt und gestreckt, gleichzeitig der Unterleib gedrückt und alles dieses so lange, als unter den genannten Handgriffen noch Blut aus der Arterie hervortrat. Die Bestimmung der Färbekraft und des procentischen Serumrückstandes geschahen in hergebrachter Weise. Um die Uebersicht zu erleichtern, sind aus den im Versuch erhaltenen Zahlen nur diejenigen ausgewählt, welche für die Beurtheilung der Resultate von Einfluss sind.

In den Versuchen I. und II. der folgenden Zusammenstellung wurden sämmtliche Blutentleerungen so rasch als möglich hintereinander ausgeführt. Die in der ersten Reihe stehenden Zeitangaben bestimmen die Dauer des unter ihnen stehenden Blutflusses. Da die Zeit vom Beginne des ersten Aderlasses fortlaufend gezählt ist, so lässt sich aus ihnen auch die Dauer der Pause finden, welche zwischen zwei aufeinanderfolgenden Blutentziehungen gelegen ist. — In den Versuchen III. bis VI. liegt dagegen, wie in der Tabelle angegeben, zwischen einer ersten und zweiten Reihe von Blutentleerungen ein Zeitraum von einer Stunde. — Die Werthe, durch welche die Rückstandsprocente des Serums ausgedrückt werden, sind das Mittel aus je zweien nahezu übereinstimmenden Eindampfungen.

Versuche zur Bestimmung der Wasserzunahme im Serum mit dem wachsenden Blutverluste.

I. Gewicht des Hundes 7,7 Kilo. — Der duct. thoracicus sinister ist unterbunden.

	Das Blut				
	fliesst von selbst				wird ausgedrückt
Zeit in Secunden, vom Beginn des Aderlasses	0—23.	49—77.	95—208.	231—315.	345—637.
Abgelassenes Blut in Procenten des Körpergew.	1,77.	3,04.	4,19.	5,20.	5,73.
Proc. Gehalt des Serums an festem Rückstand	7,40.	7,23.	7,0.		6,89.
Hundert Thl. Serum nahmen an Wasser auf		2,4.	3,3.		1,6.

II. Gewicht des Hundes 8,75 Kilo. — Der ductus thorac. sinister ist unterbunden.

	Das Blut						
	fliesst von selbst					wird ausgedrückt	
Zeit in Sec.	0-26.	53-87.	113-154.	191-268.	306-379.	439-620.	636-686.
Abgelassenes Blut in Proc. des Krpgew.	1,19.	2,29.	3,15.	4,00.	4,29.	4,71.	5,01.
Procentgeh. des Serums an festem Rückstande	7,39.	7,15.	—	7,00.	6,93.	6,91.	6,97.
Hundert Thl. Serum nahmen an Wasser auf	—	3,4.	—	2,1.	1,0.	—	—

III. Gewicht des Hundes 10,7 Kilo. — Beide ductus thoracici sind unterbunden.

	Das Blut			
	fliesst von selbst			wird ausgedrückt
			nach 1 St.	
Abgelassenes Blut in Proc. des Körpergew.	2,56.	3,58.	5,75.	6,01.
Procentgehalt d. Serums an festem Rückstand	8,42.	8,69.	6,93.	6,63.
Hundert Theile Serum nahmen an Wasser auf			25,4.	4,4.

IV. Gewicht des Hundes 5,55 Kilo. — Der duct. thorac. sinister ist unterbunden.

	Das Blut			
	fliesst von selbst			wird ausgedrückt
		nach 1 St.		
Abgelassenes Blut in Proc. des Krprgew.	4,58.	5,84.	9,51.	10,65.
Procentgehalt des Serums an festem Rückstand	7,75.	6,31.	6,81.	4,95.
Hundert Theile Serum nahmen an Wasser auf		+22,8.	—7,9.	

V. Gewicht des Hundes 18,0 Kilo.—Ductus thoracici, sinister und dexter (?) sind unterbunden.

	Das Blut				
	fliesst von selbst				wird ausgedrückt
		1 St. spät.	noch 1 St. sp.		
Abgelassenes Blut in Procenten des Körpergewichtes	2,08.	2,69.	3,80.	5,31.	5,60.
Procentgehalt des Serums an festem Rückstand	7,79.	7,51.	6,69.	6,88.	6,76.
Hundert Theile Serum nahmen an Wasser auf		3,7.	12,2.		

VI. Gewicht des Hundes 21,4 Kilo. — Beide ductus thoracici sind unterbunden.

	Das Blut						
	fliesst von selbst						wird ausgedrückt
		1 St. später			noch 1 St. später		
Abgelass. Blut in Proc. des Körpergewichts	1,49.	2,60.	3,50.	4,83.	5,29.	5,54.	6,06.
Procentgehalt d. Serums an festem Rückstande	8,18.	8,09.	7,52.	7,08.	6,78.	6,68.	6,68.
Hundert Th. Serum nahmen an Wasser auf		1.	7,6.	6,2.	4,4.	1,5.	

Diese Beobachtungen ergeben, dass sich die Rückstandsprocente des Serums mit dem steigenden Blutverlust ändern. Die Art, in der dieses stattfindet, stellt sich verschieden nach dem Grade der erreichten Blutarmuth. Wenn sich der Verlust zwischen zwei bis sechs Procent bewegt, so nimmt mit dem Umfange der Entleerung der Wassergehalt des Serums fortwährend zu. Um dieses deutlich hervortreten zu lassen, ist aus der vorstehenden Tabelle ein Auszug gemacht worden. Die Reihenfolge, nach welcher die Beobachtungen geordnet wurden, ist durch den

Gehalt an Rückstandsprocenten bestimmt, welchen das zuerst gewonnene Serum zeigte.

im ersten Serum.		Procentischer Rückstand nach einem Blutverlust von 2—3 Procent.	nach einem Blutverlust von 3—4 Procent.	nach einem Blutverlust von 4—5 Procent.	nach einem Blutverlust von 5—6 Procent.
(II.)	7,39.	7,15.	—	7,00.	6,79.
(I.)	7,40.	—	7,23.	7,00.	6,89*.
(IV.)	7,75.	—	—	—	6,31.
(V.)	7,79.	7,51.	6,69.	—	—
(VI.)	8,18.	8,09.	7,52.	7,08.	6,78 u. 6,68.
(III.)	8,42.	—	8,69.	—	6,39.

Die vorhin aufgestellte Regel darf als allgemein gültig angesehen werden, weil die einzige Abweichung (Beobachtung III.) gegen die grosse Zahl der Uebereinstimmungen zu sehr zurücktritt, um nicht den Verdacht eines Beobachtungsfehlers zu erwecken. — Durch den Zahlenauszug tritt noch die andere Eigenthümlichkeit hervor, dass der Unterschied des Procentgehaltes, welchen die verschiedenen Sera nach der ersten Blutung darbieten, sich mit dem zunehmenden Blutverlust auszugleichen beginnen; so ist namentlich die grösste Differenz im Procentgehalt der zuerst abgelassenen Seren 1,03, in denjenigen, welche nach einem Blutverlust von fünf bis sechs Procent gewonnen wurden, 0,62 Procent.

Die Bestimmungen der Rückstandsprocente des Serums bei Blutverlusten, die sich in den Grenzen bis zu 6 Procent des Körpergewichts bewegen, lehren, dass die Aenderung, welche der Wassergehalt des Serums in Folge der Blutentziehung erfährt, sehr rasch eintritt, da sie schon deutlich zum Vorschein kommt, wenn selbst der Zeitraum, welcher zwischen zwei aufeinander folgenden Blutentleerungen lag, nur 20 bis 25 Secunden betrug. Ja es scheint sogar, als ob sich die Aenderung des Wassergehaltes in sehr kurzer Zeit so weit vollendete, als sie unter gegebenen Umständen möglich ist, so dass z. B. für gleiche Unterschiede des Blutverlustes gleiche Aenderungen im Wassergehalte des Serums auftreten, einerlei ob zwischen den beiden Aderlässen ein Zeitraum von Secunden oder von einer Stunde gelegen war. Zur Illustration dieses Verhaltens eignet sich streng genommen nur Beobachtung II., in welcher zwei Reihen von Bestimmungen vorkommen, die durch eine einstündige Pause von einander getrennt sind. — Bildet man aus den Zahlen dieses Versuches die Unter-

schiede der Blutverluste und der hierdurch bewirkten Verminderung der Serumprocente, so ergiebt sich für die erste Reihe der unmittelbar aufeinanderfolgenden Blutentziehungen

für einen Blutverlust von 1,11 Procent eine Verminderung des Serumrückstandes um 0,09
für einen weiteren Blutverlust von 0,90 Procent eine Verminderung des Serumrückstandes um 0,57
also für einen Gesammtverlust von 2,01 Procent eine Verminderung des Serumrückstandes um 0,66

und in der zweiten Reihe unmittelbar aufeinanderfolgender Blutentziehungen

für einen Blutverlust von 0,46 Procent eine Verminderung des Serumrückstandes um 0,30
für einen weiteren Blutverlust von 0,25 Procent eine Verminderung des Serumrückstandes um 0,10
also für einen gesammten Verlust von 0,71 Procent eine Verminderung des Serumrückstandes um 0,40

Aus einer Vergleichung der Blutverluste und der Minderung der Serumrückstände für zwei Blutentziehungen, die durch eine Stunde von einander getrennt waren, ergiebt sich

für einen Blutverlust von 1,38 Procent eine Verminderung des Serumrückstandes um. 0,44

also eine Aenderung, die für gleiche Blutverluste auch in den unmittelbar aufeinanderfolgenden Aderlässen zu erwarten gewesen.

Dass die Länge der Zeit, welche zwischen zwei aufeinanderfolgenden Blutentleerungen verstrichen ist, auf die Herabminderung des procentischen Rückstandes der Seren keinen bemerkenswerthen Einfluss übt, scheint auch aus allen andern Beobachtungen hervorzugehen. Immerhin würde es gewagt sein, diesen Satz für einen gesicherten zu erklären, bevor er nicht durch erneute und für den vorliegenden Zweck besser angeordnete Versuche bestätigt ist.

Die bis dahin abgeleiteten Resultate haben, wie erwähnt, nur so lange Geltung, als der Blutverlust nicht über sechs Procent des Körpers ansteigt. War derselbe darüber hinausgegangen, so fand in dem Serum des von selbst ausgeflossenen Blutes keine weitere Verminderung des procentischen Rückstandes statt. Ob es sich hier um eine Gesetzmässigkeit oder um ein zufälliges Vorkommen handelt, lasse ich dahingestellt.

Bei der Beschreibung der Anordnung des Versuches wurde

bemerkt, dass dem Thiere, nachdem sein Blut nicht mehr von selbst ausfloss, durch Bewegen und Bestreichen seiner Gliedmaassen ein letzter Rest von Blut abgezogen wurde. Das Serum dieses Blutes zeigte rücksichtlich seines Wassergehaltes sehr grosse Unregelmässigkeiten, ohne dass für dieses Verhalten ein Grund aufzufinden war.

Wenn man es zu erklären sucht, wesshalb mit dem wachsenden Blutverluste der Wassergehalt des Serums zunimmt, so hätte man, da in den vorgeführten Beispielen von einer Betheiligung des Lymphstromes abzusehen ist, nur die folgende Alternative zur Verfügung.

Entweder das Blut, welches in verschiedenen Abtheilungen der Gefässe enthalten ist, führt ein Plasma von verschiedener Zusammensetzung, oder es werden die verdünnenden Wassermengen von aussen her in das Blut geführt, während oder nachdem ein Theil des letztern durch die geöffnete Arterie ausgetreten ist.

Thatsachen, welche mit unbedingter Sicherheit eine Entscheidung gewähren, sind mir unbekannt, wohl aber lässt sich die zweite der aufgestellten Hypothesen wahrscheinlicher als die erste machen.

Wollte man annehmen, dass dem Blute nach der Ausführung des Aderlasses von aussen her kein Wasser zugeführt würde, so könnte sich die beobachtete Erscheinung nur durch eine eigenthümliche Vertheilung des ungleich zusammengesetzten Blutes erklären. Da sich nach einer umfänglicheren Blutentziehung der Druck in den grossen Gefässen vermindert und sich zu dieser Zeit auch der Wassergehalt des Serums vermehrt, so läge es nahe, eine Beziehung zwischen diesen beiden Vorgängen zu vermuthen. Man würde z. B. unterstellen können, dass gewisse Abschnitte des Gefässsystems ihren Inhalt nur dann entleeren könnten, wenn der Druck in den grossen Venen unter eine bestimmte Stufe herabgesunken wäre; die Gefässe, welche sich in dieser Lage befänden, müssten zugleich diejenigen sein, welche ein wasserreicheres Serum führten. Der Wassergehalt des flüssigen Inhaltes solcher Gefässabtheilungen müsste ausserdem mannichfach abgeändert sein, weil sonst die steigende Verdünnung des abfliessenden Serums mit dem zunehmenden Blutverluste unerklärlich bliebe. Bedenkt man, wie gekünstelt diese Voraussetzungen sind, und ausserdem, dass durch die mannichfachen und stetigen Bewegungen des Blutes nothwendigerweise eine innige Mischung

aller flüssigen Bestandtheile desselben erzielt werden muss, so wird man dem eben ausgesprochenen Erklärungsversuche schwerlich Zutrauen schenken.

Auf den ersten Blick scheint es dagegen, als ob sich unsere Erscheinung besser aus der Annahme erklären lasse, dass das Serum erst während der Blutentziehung durch einen Zufluss von Wasser verdünnt werde, welcher von aussen her durch die Gefässwand hindurch stattfinde. Dieser Erklärungsversuch lehnt sich an eine wohlbegründete Anschauung an, wonach der jeweilige Wassergehalt des Blutserums die Folge eines dynamischen Gleichgewichts zweier entgegengesetzter Strömungen ist, welche man als Resorptionen und Secretionen zu bezeichnen pflegt. Vorausgesetzt, dass in den vorgelegten Beobachtungen die Ursache des Austrittes von Wasser in einem Druckunterschied, die des Eintritts dagegen in der Diffusion gelegen sei, so würde es begreiflich sein, wesshalb mit dem abnehmenden Füllungsgrade der Gefässe die Diffusionsströme das Uebergewicht erhielten. Ob aber in der That auch dieser Erklärungsversuch ausreichend ist, müssen künftige Versuche lehren, welche sich mit der chemischen Statik des Blutes beschäftigen.

2. Ueber die Aenderung der Färbekraft des Blutes in Folge des Aderlasses nach Unterbindung der Lymphstämme. Durch die Beobachtungen von *Welcker, Vierordt, Heidenhain, Panum* u. A. ist schon bekannt, dass der Farbstoffgehalt des Blutes der Grösse des Aderlasses entsprechend abnimmt; darüber fehlen jedoch Nachrichten, ob dieses auch nach Unterbindung des ductus thoracicus geschieht und wie im Genaueren mit dem wachsenden Blutverluste der Farbstoffgehalt abnimmt. — Die Versuche, welche diese Frage beantworten sollten, sind an denselben Thieren angestellt, die zu den Bestimmungen der Rückstandsprocente des Serums benutzt wurden. Die Bemerkungen, welche auf p. 154 rücksichtlich der Vorbereitungen und der Ausführung der Versuche gemacht waren, gelten also auch hier.

In den Beobachtungen mit rascher Folge der einzelnen Aderlässe wurde in der zweiten a. carotis der arterielle Druck durch ein HgManometer bestimmt. Das Maximum des Druckes, welches in den kurzen Pausen zwischen zwei aufeinanderfolgenden Ader-

lässen notirt war, ist an der gehörigen Stelle in die folgenden Zahlenangaben aufgenommen.

Die Nummern der Versuche sind dieselben, welche in der auf p. 156 und 157 mitgetheilten Tabelle vorkommen. Die Blutverluste sind in Procenten des Körpergewichts ausgedrückt. Der Farbstoffgehalt des zuerst entleerten Blutes ist gleich der Einheit gesetzt und diejenigen aller übrigen Portionen in Bruchtheilen des ersten ausgedrückt.

I. Gewicht des Hundes 7,7 Kilo. — Ductus thoracicus sinister geschlossen.

Abgelassene Blutportionen in Procenten des Körpergewichts	1,77.	3,04.	4,19.	5,20.	5,73*.
Färbekraft derselben	1,00.	1,00.	0,90.	0,87.	0,73*.
Maximum des arteriellen Drucks in der Zeit zwischen 2 Aderlässen	158	85	34	38	19*mm Hg.

Die mittlere Färbekraft aller von selbst ausgeflossenen Blutportionen berechnet sich zu 0,94.

II. Gewicht des Hundes 8,75 Kilo. — Ductus thoracicus sinister geschlossen.

Abgelassene Blutportionen in Proc. d. Krprgew.	1,19.	2,29.	3,15.	4,00.	4,29.	4,71*.	5,01*.
Färbekraft derselben	1,00.	0,97.	0,94.	0,90.	0,84.	0,84*.	0,87*.
Maximum des arteriellen Druckes zwischen 2 Aderlässen	160	154	147	116	52	17	14

Die mittlere Färbekraft aller von selbst ausgeflossenen Blutportionen berechnet sich zu 0,95.

III. Gewicht des Hundes 10,7 Kilo. — Ductus thoracici dexter und sinister geschlossen.

						1 Stunde später			
Abgel. Blutportionen in Proc. d. Körpergewichts	0,23.	2,56.	2,73.	3,58.	3,71.	3,84.	5,76.	5,90.	6,01*.
Färbekraft derselben	1,00.		1,05.		1,00.	0,75.		0,60.	

Die mittlere Färbekraft der zuerst ausgeflossenen Blutmenge = 3,71 Proc. des Körpergewichts ist = 1,00.

IV. Gewicht des Hundes 5,55 Kilo. — Ductus thoracicus sinister geschlossen.

			1 Stunde später		noch 1 Stunde später		
Abgelassene Blutportionen i. Proc. d. Körpergew.	0,25.	4,58.	4,73.	5,84.	6,45.	9,51.	10,65*.
Färbekraft derselben	1,00.		0,93.		0,90.		

V. Gewicht des Hundes 18,0 Kilo. — Ductus thoracicus sinister geschlossen.

Abgelassene Blutportionen in Procenten des Körpergewichts mehrmals nicht ganz genau

					1 Stunde später			noch 1 Stunde später			
0,56.	0,69.	2,08.	2,69.	2,78.	2,90.	3,80.	3,91.	4,04.	5,16.	5,20.	5,60*.
Färbekraft derselben											
	1,00.			0,94.	0,90.		0,76.	0,70.		0,74.	

VI. Gewicht des Hundes 21,4 Kilo. — Ductus thoracici dexter und sinister geschlossen.

Abgelassene Blutportionen in Procenten des Körpergewichts

					1 Stunde später					noch 1 St. sp.	
0,34.	1,49.	2,60.	3,50.	3,62.	3,72.	4,83.	5,29.	5,54.	5,61.	5,64.	6,07*.
Färbekraft derselben											
1,00.				0,80.	0,79.				0,77.	0,73.	0,76.

* Durch Bewegung und Bestreichung der Gliedmaassen ausgepresst.

Die Resultate, welche aus dieser Zusammenstellung abzuleiten sind, beziehen sich auf die partialen und die mittleren Färbekräfte. Unter den ersteren ist die Farbenwirkung zu verstehen, welche einer jeden einzelnen Blutportion für sich zukommt. Unter der mittleren dagegen diejenige, welche das entleerte Blut unter der Voraussetzung gezeigt haben würde, dass sämmtliche Portionen gemengt und aus dieser Mischung die Färbekraft bestimmt worden wäre. Da sich meinem Versuchsplane gemäss dieses Letztere nicht ausführen liess, so habe ich die mittleren Färbekräfte F aus den partialen f, f', f'' . . . . und den zugehörigen Volumen v, v', v'' . . . . berechnet, nach der bekannten Gleichung

$$F = \frac{vf + v'f' + v''f'' \dots}{v + v' + v'' \dots}$$

Die aus jedem Versuche gefundenen Zahlen sind in der vorstehenden Tabelle am entsprechenden Orte schon enthalten.

Aus den Zahlen der Tabelle ergiebt sich, dass mit dem steigenden Blutverluste die Färbekraft abnimmt, wenn auch die Lymphe nicht mehr in das Blut übertreten kann. — Obwohl zwischen der Blutmenge, welche durch vorhergehende Aderlässe entzogen wurde, und der Farbenänderung, welche die zunächst abgenommene Portion zeigte, kein bestimmtes Verhältniss er-

sichtlich ist, so lassen sich doch folgende Regeln nicht verkennen. Ist der Blutverlust unterhalb 2,5 Procent des Körpergewichts geblieben, so beträgt die Minderung der Färbekraft nicht über 4 Procent der ursprünglichen. Eine sehr auffallende Herabsetzung der Färbekraft bis zu 20 und mehr Procent der ursprünglichen pflegte das Blut aufzuweisen, welches nach einem sehr bedeutenden Aderlass nur noch im schwachen Strahle die Arterie verliess. Da aber die Menge des farbstoffarmen Blutes sehr zurücktritt gegen die des farbstoffreicheren, so folgt hieraus, dass für gewöhnlich die mittlere Färbekraft eines grossen Aderlasses nicht sehr bedeutend von derjenigen abweicht, welche nach einem Blutverluste von 3—4 Procent des Körpergewichts gefunden wird. — Für den Eintritt dieser Erscheinungen ist es gleichgültig, ob zwischen den einzelnen auf einander folgenden Aderlässen kürzere oder längere Zeiten verstrichen waren.

Da die Herabsetzung des Farbstoffgehaltes, welche in den vorstehenden Versuchen zu Tage trat, aus einer durch die Lymphe bewirkten Verdünnung des Blutes nicht abzuleiten ist, so hat man sich nach anderen Erklärungsgründen für dieselbe umzusehen. Bei diesem Beginnen wird man zunächst an die Vermehrung des Wassergehaltes denken, welche das Serum in Folge der Blutverluste erfährt. Um zu entscheiden, ob die, wie wir vermutheten, von Seiten der Gewebe her eingetretene Wassermenge zur Erklärung der verminderten Färbekraft ausreicht, wollen wir die Voraussetzung machen, dass sich nicht blos das Serum, sondern auch die Körperchen mit Wasser und zwar beide im gleichen Grade beladen hätten. Wäre also in 100 Theilen Serum eine Wasservermehrung um a Procente gefunden worden, so würden wir uns auch 100 Theile Blut um a Procente an Wasser vermehrt denken. Da unter dieser Annahme die Farbstoffmenge selbst unverändert bliebe, so würde, wenn f die Färbekraft des zuerst, f' aber diejenige des später abgelassenen Blutes wären, $f\,100 = f'\,(100 + a)$ sein müssen. Da in der auf p. 156 u. 157 stehenden Tabelle die Wassermengen verzeichnet sind, welche 100 Theile Serum in Folge des Blutverlustes aufnahmen, so lässt sich die vorgeschriebene Rechnung ausführen.

Die berechneten und die wirklich gefundenen Färbekräfte sind in der folgenden Zahlenreihe enthalten.

I. Nach einem Blutverlust von 4,19 Procent wurde die Färbekraft gefunden zu 0,90. Sie berechnete sich zu 0,95.

II. Nach einem Blutverlust von 2,29 Procent war die gefundene Färbekraft 0,97; die berechnete 0,96.
Nach einem Blutverlust von 4,0 Procent war die gefundene Färbekraft 0,90; die berechnete 0,95.
Nach einem Blutverlust von 4,29 Procent war die gefundene Färbekraft 0,84; die berechnete 0,94.

III. Nach einem Blutverlust von 5,90 Procent war die gefundene Färbekraft 0,60. Nach einem Blutverlust von nur 5,76 Procent war die berechnete 0,80.

IV. Nach einem Blutverlust von 6,45 Procent war die gefundene Färbekraft 0,90. Nach einem Blutverluste von nur 5,84 Procent die berechnete 0,81.

VI. Nach einem Blutverlust von 3,62 Procent betrug die gefundene Färbekraft 0,80; die berechnete 0,92.
Nach einem Blutverlust von 5,61 Procent betrug die gefundene Färbekraft 0,77; die berechnete 0,89.

Aus dieser Vergleichung lässt sich abnehmen, dass die Verdünnung, welche das Blut durch das hinzugetretene (?) Wasser erfährt, für die Erklärung des verminderten Farbengehaltes allerdings nicht zu vernachlässigen ist, vorausgesetzt, dass sich jene nicht blos auf das Serum, sondern auch auf die Körperchen erstreckt. Aber es lässt sich zugleich erkennen, dass dieser Wasserzusatz nicht ausreicht, um das veränderte Verhältniss zwischen dem Haemoglobin und den übrigen Bestandtheilen des Blutes begreiflich zu finden, weil in der grossen Mehrzahl der Fälle die gefundene Färbekraft um mehrere Procent geringer, als die berechnete war.

Demnach bleibt nur noch die Annahme übrig, dass in den später entleerten Blutportionen die Menge des Farbstoffs selbst abgenommen habe. — Dieses könnte nun darum geschehen, weil sich mit dem fortschreitenden Blutverluste aus der geöffneten Arterie das Plasma rascher als die Körperchen entleerte, so dass sich das ursprünglich überall gleichmässig gefärbte Blut in zwei Theile spaltete, einen farbstoffarmen, welcher ausflösse, und einen farbstoffreichen, welcher im Körper zurückbliebe. Fände dieses statt, so wäre zu erwarten, dass die Blutmengen, welche nach dem Aufhören des freiwilligen Abflusses in den Gefässen zurückbleiben, weit farbstoffreicher seien als die zuerst abgezogenen Portionen. Dieses trifft jedoch nicht zu, denn die durch Bewegen und Bestreichen der Gliedmaassen ausgepressten Blutmengen sind, wie die Tabelle lehrt, in der Regel noch farbstoffärmer, wie die unmittelbar vorher ausgeflossenen.

Sollte hiermit die obige Annahme beseitigt sein, so würde jetzt die umgekehrte gelten, wonach während des fortdauernden Aderlasses die Körperchen stets rascher als das Plasma davoneilten. Ob nun aber dieses daher rührt, dass sich erst mit dem abnehmenden Blutdruck Gefässbezirke entleeren, welche arm an Körperchen sind, oder davon, dass der raschere Blutstrom den Körperchen eine grösssere Geschwindigkeit ertheilt als der langsamere, muss dahin gestellt bleiben. — Die Entscheidung dieser Frage scheint mir für die Verbreitung des Sauerstoffs innerhalb des Organismus nicht ohne Bedeutung zu sein. Würden in den Strömen, welche mit grösserer Geschwindigkeit begabt sind, auch die Haemoglobinprocente des von ihnen geführten Blutes wachsen, so würden die betreffenden Bahnen rücksichtlich ihres Sauerstoffgehaltes ausserordentlich bevorzugt sein.

Auch für die Bestimmung der normalen Blutmenge, insofern sie sich auf die der Färbekraft gründet, sind die neuen Beobachtungen von Bedeutung. Enthält der nach der Verblutung des Thiers verbleibende Rest einen so bedeutend geringeren Gehalt an Farbstoff, so darf der Antheil des Blutes, welcher gewöhnlich durch Ausspritzen der Gefässe gewonnen wird, nicht auf den Farbstoffgehalt der zuerst entleerten Probe bezogen werden. Richtiger würde man schon verfahren, wenn man zur Berechnung der durch diesen Farbstoffantheil repraesentirten Blutmenge die letzte Probe benutzte, welche das Thier bei einem tödtlichen Aderlass auszutreiben vermag. Ausserdem ändert sich auch mit der Blutung die Zusammensetzung des Serums. Rührt dieses vom Zutritt neuer Wassermengen her, so würde sich im Verlaufe der Blutung der Procentgehalt des Blutes an Farbstoff mindern. Hierüber müssten jedesmal gleichzeitig angestellte Wasserbestimmungen des Serums Aufschluss geben.

3. Ueber das Verhältniss, in welchem die Färbekräfte des ursprünglichen, des injizirten und des aus beiden gemischten Blutes zu einander stehen. In diesem Abschnitte wende ich mich zur Erledigung der Frage, welche im Anfange dieser Abhandlung aufgeworfen wurde, zu der nämlich, ob sich aus den Färbekräften die Blutmenge bestimmen lässt, welche ein Thier beherbergt, dessen normaler Gefässinhalt in Folge einer Transfusion einen bedeutenden Zuwachs empfangen hat. Das Verfahren, welches zur Lösung

dieser Aufgabe führen sollte, war durch die folgenden Gleichungen vorgezeichnet.

Gesetzt es seien *fu, fi, fm* die mittleren Färbekräfte, *vu, vi, vm* die Volumina des ursprünglichen, des eingespritzten und des gemischten Blutes; wäre innerhalb der Gefässe des Thieres das Transfusum mit dem ursprünglichen Blute vollkommen gemischt worden und von dem Gemenge kein Bestandtheil aus dem Gefässraum ausgetreten, so würde (1) $vu = \frac{fi - fm}{fm - fu}$ sein. Als ein Beweis für die Statthaftigkeit unserer Annahmen würde es anzusehen sein, wenn sich aus den in die rechte Seite unserer Gleichung eingesetzten Werthen *vu* zu etwa 7 Proc. vom Körpergewichte des angewendeten Thieres berechnete, mit anderen Worten, wenn die berechnete ursprüngliche Blutmenge sich in den Grenzen bewegte, die nach vielfachen anderen Bestimmungen den normalen Blutgehalt des Hundes umspannen. Hieraus würde dann zugleich hervorgehen, dass $vm = vu + vi$ sei, dass also nach der Transfusion kein Plasma durch die Gefässwand ausgetreten wäre.

Die Gleichung (1) ist jedoch nur dann anwendbar, wenn die Färbekraft des Mischblutes, *fm*, in der Mitte zwischen denen des ursprünglichen (*fu*) und des eingespritzten (*fi*) steht, da ohne dieses die Mischfarbe nicht aus *fi* und *fu* hervorgegangen ist. Wäre, was in der That vorkommt, das Mischblut farbstoffreicher als jede seiner Componenten, so könnte sich dieses nur durch einen Austritt farbloser Bestandtheile erklären lassen, welcher nach Vollendung der Transfusion erfolgt wäre. Um das ausgetretene Volum zu schätzen, würde man die vor der Transfusion im Thiere anwesende Blutmenge gleich 7 Procent seines Körpergewichts zu setzen und die Gleichung $vu\,fu + vi\,fi = vm\,fm$ anzuwenden haben. Danach würde sich das nach der Transfusion wirklich vorhandene Blut zu (2) $vm = \frac{vi\,fi + vu\,fu}{fm}$ berechnen.

Aus den Voraussetzungen dieser Gleichung geht hervor, dass ihre Aussagen von vorneherein mit der Unsicherheit behaftet sind, welche der Unterstellung ankleben, dass das Thier vor der Transfusion eine Blutmenge von 7 Procent seines Körpergewichts besessen habe. Aber hiermit hat es noch keineswegs sein Bewenden, da sich von den anderen in den obigen Gleichungen vorkommenden Werthen auch *fu* und

fm nicht der Wahrheit entsprechend bestimmen lassen. Die mittleren Färbekräfte der Blutarten, welche vor und nach der Transfusion im Thiere vorkommen, würden nur dann zu finden sein, wenn das Blut ohne Aenderung seiner natürlichen Zusammensetzung bis zum letzten Tropfen entleert werden könnte. Da dieses unmöglich und da es bis dahin nicht geglückt ist, diesem Mangel auf eine andere Weise abzuhelfen, so musste dem Versuche selbst die Entscheidung darüber überlassen bleiben, inwieweit das Ergebniss desselben mit anderen mehr oder weniger wahrscheinlichen Voraussetzungen in Einklang stand. Bevor ich einige der angestellten Versuche mittheile, muss ich bemerken, dass ich in den ihnen angehängten Berechnungen das spezifische Gewicht des Blutes gleich 1,00 gesetzt habe, da es mir bei den mannigfachen sonstigen Ungenauigkeiten vorerst unnöthig erschien, auf die kleine Correctur Rücksicht zu nehmen, welche durch das wahre spezifische Gewicht des Blutes bedingt ist.

In einer ersten Reihe von Beobachtungen entzog ich zur Bestimmung der Färbekräfte des ursprünglichen und des gemischten Blutes nur je eine Blutprobe von 10 Ccm. unmittelbar vor Beginn und einige Minuten nach Vollendung der Transfusion.

A. 1. Gewicht des Hundes 4,82 Kilo.

Färbekraft vor der Transfusion	1,13
- nach - -	1,21
- des injicirten Blutes	1,00
Volumen - - -	300 Ccm.

Da in diesem Falle das Mischblut farbstoffreicher ist als die Componenten, so musste ein farbloser Bestandtheil aus den überfüllten Gefässen ausgetreten sein. Unter der Voraussetzung, dass das ursprüngliche Blutvolumen des Thieres gleich 0,07 des Körpergewichts (= 337 Ccm.) gewesen, berechnet sich das Blutvolumen nach der Transfusion zu 562 Ccm., es müssten also 75 Ccm. Plasma ausgetreten sein.

A. 2. Das in dem vorigen Versuch benutzte Thier wurde 7 Tage nachher von Neuem der Transfusion unterworfen. Sein Gewicht betrug nun 5,18 Kilo.

Die Färbekraft vor der Transfusion	1,80
- - nach - -	1,58
- - des injicirten Blutes	1,00
Volumen - - -	300 Ccm.

Nach Gleichung (1) berechnet sich das ursprüngliche Blut zu 789 Ccm. oder zu 15,2 Procent des Körpergewichts.

Diese ungewöhnlich hohe Zahl bezeugt die Unbrauchbarkeit der angenommenen Betrachtung und somit die Wahrscheinlichkeit, dass auch in diesem Falle ein Austritt von Plasma stattgefunden. Nimmt man dagegen die ursprüngliche Blutmenge zu 7 Procent des Körpergewichts (= 363 Ccm.) an, und rechnet dann mit Gleichung (2), so stellt sich das nach der Transfusion vorhandene Blutvolum zu 603 Ccm. heraus, es müssten demnach 60 Ccm. Plasma ausgetreten sein.

Diese und einige andere Versuche, deren Mittheilung ich unterlasse, weil sie nach demselben Verfahren ausgeführt waren, müssen auf Grundlage der benutzten Farbstoffbestimmungen dahin interpretirt werden, dass nach der Transfusion 0,2 Theile des eingespritzten Blutvolumens unter der Form von Plasma ausgetreten seien. Diesem Resultat begegnet aber ein gerechter Zweifel. Um es zu gewinnen, ist der Haemoglobingehalt des ursprünglichen und des gemischten Blutes nur aus je einer Probe abgeleitet, ohne jegliche Garantie dafür, dass die beiden Färbekräfte in demselben Verhältniss zu einander stünden, wie die mittleren der beiden fraglichen Blutarten. Das gewonnene Resultat musste darum noch weiter geprüft werden; dieses konnte unter anderem dadurch geschehen, dass die Färbekraft des Mischblutes aus einem weit grösseren Aderlasse bestimmt wurde. Auf diese Weise ist der folgende Versuch ausgeführt.

B. Gewicht des Hundes 4,30 Kilo. Unmittelbar nach vollendeter Transfusion wurde das Halsmark ohne jeden Blutverlust durchschnitten und mittelst eingeschobener Platinelektroden tetanisirt, während die Verblutung aus der a. carotis im Gange war. Es flossen bis zum Tode des Thieres 162 Ccm. = 3,7 Procent des Körpergewichts aus.

Färbekraft vor der Transfusion	1,50
- nach - -	1,31
- des injicirten Blutes	1,00
Volumen - - -	300 Ccm.

Hieraus berechnet sich unter der Annahme eines ursprünglichen Blutgehaltes von 7 Procent des Körpergewichts (=386 Ccm.) das Blutvolumen, welches dem Thiere nach der Transfusion zukommt, zu 671 Ccm., während es, wenn kein Blut aus den Gefässen ausgetreten wäre, 686 Ccm. betragen sollte.

Diese so auffallende Bestätigung der Annahme erweist sich aber augenblicklich als ein Trug, wenn man den Versuch dahin abändert, dass man, statt einer, eine Reihe von Blutentleerungen nach der Transfusion ausführt, und aus jeder die Farbe besonders bestimmt. Auf diese Weise sind die folgenden Versuche angestellt.

C. Gewicht des Hundes 6,6 Kilo. Unmittelbar nach vollendeter Transfusion wurde das Halsmark ohne jeden Blutverlust durchschnitten und mittelst eingeschobener Platinelektroden tetanisirt, während die Verblutung aus der a. carotis im Gange war. Im Ganzen wurden 310 Ccm. = 4,36 Procent des Körpergewichts Blut gewonnen.

Die Färbekraft vor der Transfusion		0,90
- - nach - -	1. Probe	1,35
	2. -	1,06
	3. -	0,94
- - des injicirten Blutes		1,00
Volumen - - -		350 Ccm.

Hieraus berechnet sich unter Annahme eines ursprünglichen Blutgehaltes von 7 Procent des Körpergewichts (= 462 Ccm.):

aus der Probe 1 das restirende Blutvolumen zu 567 Ccm. Demnach wären 245 Ccm. Plasma ausgetreten;

aus der Probe 2 das restirende Blutvolumen zu 722 Ccm. Demnach wären 90 Ccm. Plasma ausgetreten;

aus der Probe 3 das restirende Blutvolumen zu 814 Ccm. Demnach wären 2 Ccm. Plasma eingetreten.

Um mich zu vergewissern, dass dieses Ergebniss nicht etwa von Eigenthümlichkeiten des Blutstromes herrühre, welche durch die Reizung des Rückenmarkes veranlasst waren, stellte ich andere ähnliche Versuche am sonst unversehrten Thiere an. Aus einer grösseren Zahl mögen nur die folgenden zwei Platz finden.

D. Gewicht des Hundes 4,75 Kilo.

Färbekraft vor der Transfusion	0,75
- des injicirten Blutes	0,75

Nach der Transfusion wurden der Reihe nach entzogen

22 Ccm. gleich	0,46	Procent des Körpergew. Färbekraft	0,85
87 -		-	?
27 - -	2,86	- - - -	0,85
92 -		-	?
17 - -	5,16	- - - -	0,75
25 -		-	?
5 - -	5,79	- - - -	0,65

Hieraus berechnet sich unter Annahme eines ursprünglichen Blutgehaltes von 7 Procent des Körpergewichts (= 333 Ccm.)

aus Probe 1 und 3 das restirende Blutvolumen zu	579
- - 5 - - - -	633
- - 7 - - - -	731

Demnach wären

unter Zugrundelegung von 1 und 3 an Plasma ausgetreten	74 Ccm.
- - - 5 - -	00 -
nach Probe 7 aber wären eingetreten an Plasma	98 -

E. Gewicht des Hundes 5,25 Kilo.

Färbekraft vor der Transfusion.	0,74
- des injicirten Blutes.	0,74
Volumen - - -	300 Ccm.

Nach der Transfusion wurden der Reihe nach entzogen

12,5	Ccm. gleich	0,25	Procent des Körpergew. Färbekraft	1,07
78	-		-	?
11	- -	1,94	- - - -	0,99
78	-		-	?
21	- -	3,79	- - - -	0,94
66	-		-	?
8	- -	5,20	- - - -	0,89

Hieraus berechnet sich unter Annahme eines ursprünglichen Blutgehaltes von 7 Procent des Körpergewichts (= 367 Ccm.) das restirende Blutvolum

aus der 1. Probe	359 Ccm.	Demnach an Plasma ausgetreten	308 Ccm.
- - 3. -	489 -	- - - -	178 -
- - 5. -	514 -	- - - -	143 -
- - 7. -	543 -	- - - -	124 -

Bei dem gegenwärtigen Stande der Hülfsmittel führt der eingeschlagene Weg nicht zu dem gewünschten Ziel. Dem Zufall und der Willkür ist es überlassen, ob der aus den bestimmbaren Färbekräften berechnete Inhalt der Gefässe grösser oder kleiner als die Summe des ursprünglichen und des eingespritzten Blutvolums ausfällt. Aber desshalb, weil die Versuche das Genaueste versagen, sind sie noch nicht bedeutungslos; denn sie lehren wenigstens, dass in der Regel nach der Transfusion farblose Bestandtheile des Blutes austreten.

Nach der Gleichung $vm = \frac{vi\,fi + vu\,fu}{fm}$ wird vm mit dem wachsenden fu und dem abnehmenden fm grösser. In den mitgetheilten Berechnungen kam der höchste Werth von fu zur Anwendung, welcher in dem gegebenen Falle über-

haupt erhalten werden konnte, weil er aus einem ersten sehr kleinen Aderlass gefunden wurde. Trotzdem fiel *vm* meist kleiner als die Summe von *vi* + *vu* aus, wenn auch die Färbekraft des Mischblutes aus einem sehr grossen Aderlass bestimmt wurde, mit andern Worten, wenn der als *fm* eingesetzte Werth schon weit von dem höchsten der möglichen entfernt war. Dadurch wird also der Austritt von Plasma höchst wahrscheinlich. — Hierfür spricht auch die Erfahrung, dass der Farbstoffgehalt der zuerst und selbst später abgelassenen Portionen des Mischblutes oftmals höher ausfiel als derjenige der mittleren Färbekraft des injicirten und der höchsten des ursprünglichen Blutes.

Ueber das Wieviel des ausgetretenen, beziehungsweise über einen Grenzwerth desselben geben meine Beobachtungen keine Rechenschaft wegen ungenügender Variation der Proben, aus welchen die Färbekraft des ursprünglichen Blutes bestimmt ist. Bedeutend kann die ausgetretene Menge kaum gewesen sein; bei den angestellten Sectionen fand ich, die Ergebnisse *W. Müller's* bestätigend, keine Anzeichen von serösen Ergüssen. Von der Abwesenheit aller Ergüsse, welche die Gesundheit beeinträchtigen könnten, überzeugt uns auch der Inhalt des folgenden Abschnitts.

II. Das Befinden der Thiere nach einer bedeutenden Vermehrung ihres ursprünglichen Blutgehaltes. — Ausser einer beiläufigen Beobachtung von *H. Mittler* [1]) liegt, soweit mir bekannt, nichts über das Verhalten der Thiere vor, welchen nach der Einverleibung grösserer Blutmengen das Leben erhalten wurde. Die nachstehenden Versuche sind wesentlich in der Absicht angestellt, um über den fraglichen Punkt einen Aufschluss zu erhalten; in denselben wurde während der Zuführung des Blutes durch die vena jugularis der Druck in der a. carotis gemessen. Das eingeführte Blut war entweder defibrinirtes oder natürliches. Im ersteren Falle wurde die Einführung desselben nicht mit der Spritze, sondern aus einem Glasgefässe unter Quecksilberdruck vorgenommen. Schon *Panum* bemerkt, dass ein grosser Theil der schweren Zufälle, welche nach der Transfusion zuweilen beobachtet werden, von Embolien herrühren, die durch eine mangelhafte Filtration des eingespritzten Blutes verschuldet worden. Dieser Meinung kann ich nach eigenen Erfahrungen nur bei-

1) Wiener akadem. Berichte 58. Bd. 2. Abth.

pflichten. — Wenn natürliches Blut zur Transfusion benutzt werden sollte, so verband ich die v. jugularis eines kleinen Hundes durch eine Glas- und Kautschukröhre mit der a. carotis eines stärkeren Thieres und liess das Blut des letzteren in die Venen des ersteren so lange einströmen, bis das grössere Thier in Krämpfe verfiel. Die Menge des übergegangenen Blutes wurde aus dem verminderten Körpergewicht des einen, und zur Controle aus dem vermehrten des anderen bestimmt, ein Verfahren, welches auch *Panum* und *Mittler* angewendet haben. Da die Thiere bei dieser Operation gewöhnlich Harn entleeren, wodurch die Gewichtsbestimmungen derselben beeinträchtigt werden können, so empfiehlt es sich, männliche Hunde anzuwenden, welchen vor Beginn der Operation die Vorhaut unterbunden werden kann.

Zuerst werde ich drei Versuche mit defibrinirtem Blute vorlegen. Den Nachrichten von dem Befinden der Thiere nach geschehener Transfusion schicke ich jedesmal eine Tabelle voraus, in welcher die Menge des eingespritzten Blutes nach Ccm. und Procenten des Körpergewichts, ferner das Maximum des arteriellen Druckes kurz nach der Einspritzung von je 50 Ccm., die Zeit zwischen zwei aufeinander folgenden Einspritzungen und der Druck vor Beginn einer neuen Einspritzung von 50 Ccm. enthalten ist.

A. Gewicht des Hundes 4,42 Kilo.

Einspritzungen von je 50 Ccm. Blut	0	I	II	III	IV	V	VI
In Procenten des Körpergew.	—	1,13	2,26	3,39	4,52	5,65	6,78
Maximum d. arteriellen Drucks kurz nach der Einspritzung in Mm. Hg.	—	185	170	156	158	173	190
Zeit zwischen zwei aufeinander folgenden Einspritzungen in Sec.	—	120	120	152	182	240	302
Druck vor Beginn der folgenden Einspritzung	146	122	122	114	141	154	171

(Fortsetzung der Tabelle: siehe folgende Seite.)

Einspritzungen von je 50 Ccm. Blut	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII
In Proc. des Körpergew.	7,91	9,14	10,17	11,30	12,43	13,56	14,69
Maximum d. art. Drucks nach der Einspritzung in Mm. Hg.	198	202	189	190	189	211	211
Zeit zwischen zwei aufeinander folgenden Einspritzungen in Sec.	361	302	242	186	121	126	—
Druck vor Beginn d. folgenden Einspritzung.	179	177	183	182	186	188	—

Nach der Einspritzung von 650 Ccm. Blut erwiesen sich die Gefässe in der Bindehaut des Auges stark gefüllt. Alle anderen Theile der Körperoberfläche zeigten dagegen keine ungewöhnliche Röthung. Nachdem die Wunden verbunden und das Thier auf den Boden gestellt war, entleerte dasselbe breiige Fäces. Futter wies es ab. Am anderen Tage erfolgte Erbrechen von Schleim. Die Temperatur im Rectum ward zu 39,4° Celsius gefunden. Am dritten Tage wiederholte sich das Erbrechen, es fand eine Entleerung festen Kothes statt und noch immer wurde die Aufnahme von Futter verweigert. Im Verlaufe des vierten Tages nach der Transfusion trat der Tod ein. Durch die Section konnten nirgends seröse Ergüsse nachgewiesen werden, wohl aber war die linke Lunge stark blutig und sehr luftleer; in einem ähnlichen Zustande befand sich auch die rechte Lunge, doch überwogen hier noch die lufthaltigen Partien. Unter dem Pericardial-Ueberzug lagen zahlreiche kleine Blutanhäufungen und ebenso auf der inneren Fläche und innerhalb der Muskulatur des linken Ventrikels.

Günstiger als diese verliefen zwei andere Transfusionen defibrinirten Blutes, die an einem Thiere hintereinander angestellt wurden.

B. 1. Hund, Gewicht 4,82 Kilo.

Einspritzungen von je 50 Ccm. Blut	0	I	II	III	IV	V	VI
Eingespritzte Blutmenge in Proc. des Körpergewichts .	—	1,4	2,8	3,12	4,16	5,20	6,24
Maximum d. art. Druckes kurz nach der Einspritzung in Mm. Hg.	—	187	162	162	167	177	180
Zeit zwischen zwei aufeinander folgenden Einspr. in Sec.. . .	—	179	183	180	183	182	140
Druck vor Beginn der folgenden Einspritzung	154	127	148	148	146	154	169

Nach vollendeter Transfusion zeigte sich das Thier munter, am andern Tage entwickelte es einen ungeschwächten Appetit. Die Wunden heilten rasch, so dass es sieben Tage nach der Einführung des Blutes um mehrere 100 Gramm an Gewicht zugenommen und als ein vollkommen gesundes anzusehen war. Unter diesen Umständen erschien es nicht gewagt, von Neuem 300 Ccm. Blut einzuführen.

B. 2. Dasselbe Thier 7 Tage später, Gewicht 5,18 Kilo.

Einspritzungen von je 50 Ccm. Blut	0	I	II	III	IV	V	VI
Eingespritzte Blutmenge in Proc. des Körpergewichts .	—	0,97	1,83	2,90	3,86	4,83	5,79
Maximum d. art. Druckes kurz nach der Einspr. in Mm. Hg.	—	194	215	232	228	224	222
Zeit zwischen zwei aufeinander folgenden Einspr. in Sec. . .	—	363	364	369	365	364	240
Druck vor Beginn der folgenden Einspritzung	171	184	208	211	209	209	220

Auch nach dieser zweiten Einspritzung zeigte der Hund keine wesentliche Störung seines Befindens. Er verschmähte jedoch 48 Stunden hindurch jegliches Futter. 24 Stunden nach der Transfusion stand die Temperatur im Rectum auf 40,8 ° C. Da sich keine weiteren krankhaften Erscheinungen wahrnehmen liessen, so wurde das Thier nicht weiter beobachtet.

Zwei Versuche, in welchen natürliches Blut übergeleitet wurde, verliefen folgendermaassen.

Gewicht des Hundes 4,73 Kilo. Dem Thiere wurden zugeführt 420 Gr. Blut = 8,9 Procent des ursprünglichen Körpergewichts. In der a. carotis stieg während des Blutübertrittes der Druck unter Schwankungen von 179 auf 190 Mm. Das Thier zeigte sich einige Tage hindurch munter, aber ohne Fresslust. Aus den Wunden floss am vierten Tage ein bräunliches Secret, das sich jedoch am siebenten und achten Tage in ein eitriges verwandelte. Zu dieser Zeit ward das genesene Thier durch Verblutung getödtet und secirt. Ausser einigen kleinen Ecchymosen von Nadelkopfgrösse, die sich unter der Pleura und Pericardium fanden, ward nichts Abnormes angetroffen.

Gewicht des Hundes 7,1 Kilo. Dem Thiere wurden zugeführt 472 Gr. Blut = 6,6 Procent des Körpergewichts. Während

des Bluteintrittes steigt der Druck in der a. carotis anfangs rasch von 178 auf 190, alsbald auf 225 Mm. und sinkt dann gegen Ende der Transfusion auf 178 Mm. zurück. Das Thier zeigte keine Störung seines Befindens. Vom zweiten Tage an nahm es das Futter in ungewöhnlich reichem Maasse zu sich. Da das Befinden bis zum siebenten Tage ungestört blieb, so wurde es von da ab nicht weiter beobachtet.

Durch diese Erfahrungen rechtfertigt sich die Behauptung, dass ein Hund, welchem zum Mindesten noch einmal so viel Blut, als er ursprünglich besitzt, beigebracht ist, ohne ein bemerkbares Zeichen gestörter Gesundheit fortzuleben vermag. Um die Aenderungen zu erfahren, welche das Leben unter der Betheiligung einer so grossen Blutmenge erlitten hat, wird es jedenfalls genauerer Beobachtungsmittel bedürfen, als wir sie bis dahin anzuwenden pflegten.

III. Der Druck in den grossen Venen nach der Transfusion. Die bis dahin noch fehlenden Messungen der Venenspannung geschahen in der ven. cruralis; auf bekannte Art ward die wandständige Canüle in die Gefässhaut festgeklemmt, so dass sie ohne Behinderung der Strombahn den Druck des Blutes auf ein registrirendes Manometer zu übertragen vermochte. Auf diese Weise wurde die Aenderung der Spannung gemessen, welche in der grossen Schenkelvene auftrat, während durch die vena jugularis defibrinirtes Blut zugeführt war. Die umstehende Tabelle berichtet das gewonnene Resultat.

Gewicht des Hundes 5,25 Kilo.

Zahl der Einspritzungen von je 50 Ccm. Blut	0	I	II	III	IV	V	VI
Eingespritzte Blutmenge in Procenten des Körpergewichts	—	0,95	1,90	2,85	3,80	4,75	5,70
Schwankungen des Druckes im Strome der v. cruralis während der Einspritzungen	—	8. 6.	28. 14. 34.	10.	10.	17. 15. 14.	8.
Zeitdauer zwischen zwei Einspr. in Sec.	—	48	115	41	67	32	35
Druckschwankungen in der Zeit zwischen zwei Einspritzungen	6. 23. 10.	6. 18. 10.	19. 38†.	14. 12. 10.	10. 23. 16.	12. 14. 6.	10. 16. 14.

† Brechbewegungen.

Gewicht des Hundes 4,75 Kilo.

Zahl der Einspritzungen von je 50 Ccm. Blut	0	I	II	III	IV	V	VI
Eingespritzte Blutmenge in Procenten des Körpergewichts	—	1,05	2,10	3,15	4,20	5,25	6,30
Schwankungen des Drucks im Strome der v. cruralis während der Einspritzungen	—	10. 12.	14.	14.	80.	89.	10. 14.
Zeitdauer zwischen zwei Einspr. in Sec.	—	46	59	115	58	96	143
Druckschwankungen in der Zeit zwischen zwei Einspritzungen	12	15	13—15.	11—86†.	80. 114†. 82.	90†. 14. 10.	25. 14.

† Lebhafte Bewegungen des Thieres.

Die Einspritzung übt also nur eine vorübergehende Wirkung; zur Zeit, wo das Blut durch die obere Hohlvene in das rechte Herz dringt, wächst, und dieses ist begreiflich, die Spannung in der vena cava inferior. Nach Vollendung der Injection aber steigt das Manometer auf den Stand herab, welchen es vor Beginne jener eingenommen hatte.

Durch den bedeutenden Zuwachs, welchen das normale Blutvolumen des Thieres empfangen, änderten sich, soweit dieses aus Druckmessungen zu erkennen ist, die natürlichen Verhältnisse nicht, welche in den Venenstämmen zwischen dem Zu- und dem Abflusse bestehen. Um dieses Verhalten des Venenstromes ausser allem Zweifel zu stellen, dürfte sich noch eine zweite Anordnung des Versuchs eignen. In dieser wird der Druck in der a. carotis des überfüllten Thieres gemessen und zwar ebensowohl vor als auch nach Durchschneidung der n. vagi. Dieser Anordnung lag die Ueberlegung zu Grunde, dass bei gegebenen Widerständen im Strome der Aorta die Füllung bezw. die Spannung derselben von dem Volumen an Blut bestimmt ist, welches sie in der Zeiteinheit aus dem Herzen empfängt. Dieses Volumen ist aber von der Füllung, welche der linke Ventrikel vor jeder Contraction besass und zugleich von der Zahl des letzteren abhängig, welche in der Zeiteinheit vor sich gehen. Wäre nun in Folge der Transfusion die Spannung des Inhaltes der Hohlvenen ungewöhnlich hoch, so müssten sich auch die Herzhöhlen rascher bis auf das erreichbare Maximum füllen. Diese beschleunigte Füllung würde für das Blutvolumen, welches in die Aorta geworfen wird, von Bedeutung werden müssen, wenn sich auch die Zahl der Herzschläge entsprechend mehrte, so dass der Ventrikel jedesmal in dem Augenblicke, wo er seine höchste Ausdehnung erreicht hat, sich zusammenzöge. Dieser Betrachtung gemäss müsste nach der Durchschneidung der vagi, sofern hierdurch die Zahl der Herzschläge vermehrt wird, der Druck in der Aorta wachsen.

Gewicht des Hundes 4,75 Kilo. Im Verlaufe von 9 Minuten werden 300 Ccm. Blut eingespritzt.

	Blutdruck in Mm. Hg.	Pulsschläge in 20 Sec.
Nach vollendeter Transfusion	180	50. 57.
Nach Durchschneidung des rechten vagus	218. 177.	61. 58.
Nach Anlegung des Luftröhrenschnittes	177. 170.	57. 60.
Nach Durchschneidung des linken vagus	200. 190.	72. 74.

Zu diesem Versuche gehört die Bemerkung, dass das Thier die Durchschneidung der n. vagi mit heftigen Bewegungen begleitete; unmittelbar mit ihrem Eintritt ging der arterielle Druck sehr hoch empor und er sank dann allmälig wieder in dem Maasse, in welchem sich die Glieder beruhigten. Diesen Erscheinungen gemäss wird jenes vorübergehende Steigen auf einen reflectorischen Gefässkrampf zu beziehen sein. Unter Berücksichtigung der Zeiten, in welchen sich diese nervöse Aufregung gelegt hatte, geht aus dem Versuche deutlich hervor, dass auch nach der Transfusion die Beschleunigung des Pulses von keiner nennenswerthen Bedeutung für das Anwachsen der arteriellen Spannung ist; er bestätigt die Ergebnisse der Druckmessung in den Venen. Auf Wiederholungen der Versuche nach dem vorgelegten Plane glaubte ich verzichten zu dürfen, da in den Beobachtungen von *Worm Müller* schon öfter hervorgehoben wird, in wie geringem Grade die Pulsfolge den arteriellen Druck beeinflusst.

IV. Aderlässe an normalen und überfüllten Thieren.

1. Ueber den Gefässraum, welcher nach der Verblutung normaler und überfüllter Thiere zurückbleibt. — Wieviel Blut ein Thier nach einem tödtlichen Aderlasse noch enthält, ist nicht mit Sicherheit auszumitteln, wohl aber lässt sich finden, wie gross der Unterschied des restirenden Blutes nach zwei aufeinanderfolgenden tödtlichen Aderlässen ist. Gesetzt, man habe vor jeder künstlichen Veränderung seines Blutgehaltes an einem Thiere einen tödtlichen Aderlass bewirkt, und hierbei m Blut erhalten und man habe ihm darauf $m + n$ Blut eingespritzt und in einem folgenden Aderlass bedeutend weniger als $m + n$ gewonnen, so wird der restirende Gefässraum im letzteren Falle grösser, als im ersteren sein. Tritt ein solcher Unterschied ein, so liefert er uns den Beweis, dass die Gleichgewichtslage der Gefässwandungen nicht unter allen Umständen dieselbe bleibt, namentlich aber, dass sie sich auf irgend welche Weise durch die Transfusion verändert.

Zur Prüfung dieses Verhaltens können verschiedene Wege eingeschlagen werden, entweder, man verblutet dasselbe Thier unter Zuhülfenahme der Bluteinspritzungen zwei- bis dreimal hintereinander, oder man bedient sich der Mittelzahlen, die aus einer grösseren Reihe von Versuchen an verschiedenen Thieren gewonnen sind, welche unter Anwendung aller Kunstgriffe bis zum Tode verblutet wurden, wobei in der einen Reihe die künst-

liche Veränderung des Blutgehaltes vermieden, in der anderen dagegen vorgängig eine Transfusion unternommen war.

Zunächst sollen nun die Resultate der Versuchsreihen mitgetheilt werden, welche nach der zweiten der eben vorgeführten Methoden erhalten wurden. In allen Fällen verblutete sich das Thier aus der a. carotis und zwar unter Anwendung aller Hülfsmittel, durch welche der Austritt des Blutes befördert werden kann.

In der ersten Reihe von Beobachtungen stehen Thiere, die vorher keine künstliche Veränderung ihrer Blutmasse erfahren hatten. An ihnen wurde der Aderlass entweder in einem Zuge bis zum Tode des Thieres fortgeführt, oder es geschah dieses letztere absatzweise in der Art, dass zuerst ein grosser Theil des Blutes entleert, und darauf das Ausfliessen desselben unterbrochen wurde. Nachdem die Arterie eine Stunde hindurch verschlossen geblieben war, wurde nun die Blutung bis zum Tode fortgesetzt. In anderen Fällen wurde auch die zweite Blutung nicht bis zum Tode getrieben, sondern abermals mit ihr innegehalten und erst nach Verfluss einer Stunde wieder mit ihr begonnen und bis zum Tode fortgeführt. Um die an verschiedenen Versuchsthieren gewonnenen Resultate untereinander vergleichbar zu machen, sind die abgelassenen Blutmengen in Procenten des Körpergewichts ausgedrückt.

A. Tödtliche Aderlässe normaler Thiere.

a) Die Verblutung geschieht in einem Zuge.

1)	Gewicht	11,5 Kilo.	Verliert	646 Ccm.	= 5,6	Proc. des Körpergew.
2)	-	16,12 -	-	734 -	= 4,5	- - -
3)	-	7,7 -	-	441 -	= 5,7	- - -
4)	-	8,75 -	-	448 -	= 5,1	- - -

b) Die Blutung wird 1 Stunde lang unterbrochen.

5)	Gewicht	10,70 Kilo.	Verliert	644 Ccm.	= 6	Proc. des Körpergew.
6)	-	21,40 -	-	1239 -	= 5,8	- - -

c) Die Blutung wird zweimal je 1 Stunde hindurch unterbrochen.

7)	Gewicht	18,0 Kilo.	Verliert	1006 Ccm.	= 5,6	Proc. des Körpergew.
8)	-	5,55 -	-	591 -	= 10,7	- - -

Abgesehen von dem achten liefern diese Versuche das Resultat, welches *Heidenhain*, *Tappeiner*, *Worm Müller* u. A. unter ähnlichen Umständen gefunden haben. Die Spannung des Gefässinhaltes wurde gleich Null, nachdem 4, 5 bis 6 Procent des Körpergewichtes an Blut ausgetreten waren.

Ueber die Erscheinungen, welche während und nach der Entleerung überfüllter Thiere eintreten, hat schon *Worm Müller* Aufschlüsse gegeben; diese beziehen sich jedoch mehr auf die Vergleichung des Drucks nach gleich grossen procentischen Blutverlusten, welche normale und überfüllte Thiere erlitten, als auf die Grösse des restirenden Volums nach tödtlichen Aderlässen. Seine Erfahrungen fasst er kurz dahin zusammen: Gleich grosse Blutverluste bringen den arteriellen Druck bei überfüllten Thieren weniger tief herab als bei denjenigen, die vorher keine Einspritzungen erfahren haben. Vergleicht man dagegen die Blutmengen, welche nach einem Aderlass zurückbleiben, so ergiebt sich, dass die zur Erhaltung gleicher Drucke nothwendigen Blutvolumina im überfüllten Thiere weit grösser als im normalen sein müssen. — Meine Beobachtungen dagegen suchen vorzugsweise das Maximum des Blutvolums zu ermitteln, welches das überfüllte durch einen Aderlass verlieren kann. Um die Entleerung so vollständig als nur immer möglich zu machen, wurde ausser den bisher gebrauchten Kunstgriffen auch noch die Tetanisirung des Rückenmarkes geübt. Die Versuche verliefen folgendermaassen: Nachdem in die v. jugularis des gewogenen Thieres ein abgemessenes Volum defibrinirten Blutes eingespritzt und eine Trachealfistel angelegt war, wurden unter Vermeidung jeglichen Blutverlustes das Halsmark und die n. vagi durchschnitten und nun der Aderlass in den Gang gesetzt, während gleichzeitig das Halsmark tetanisirt wurde.

B. Tödtlicher Aderlass nach Transfusion defibrinirten Blutes unter fortdauernder Tetanisirung des Rückenmarkes.

1) Gewicht des Hundes 5,55 Kilo.

Eingespritzt 300 Ccm. Blut = 5,4 Proc. des Körpergew. — Durch Verblutung erhalten 185 Ccm. = 3,48 Proc. des Körpergew.

2) Gewicht des Hundes 5,52 Kilo.

Eingespritzt 250 Ccm. Blut = 4,5 Proc. des Körpergew. — Durch Verblutung erhalten 320 Ccm. = 5,8 Proc. des Körpergew.

3) Gewicht des Hundes 6,6 Kilo.

Eingespritzt 350 Ccm. Blut = 5,3 Proc. des Körpergew. — Durch Verblutung erhalten 305 Ccm. = 4,5 Proc. des Körpergew.

In etwas abweichend von diesem ist der folgende Versuch, in welchem das Transfusum nicht aus defibrinirtem, sondern aus natürlichem Blute bestand, welches aus einem anderen Thiere direct übergeleitet war,

4) Gewicht des Hundes 6,8 Kilo.
Eingespritzt 330 Ccm. Blut = 5,15 Proc. des Körpergew. — Durch Verblutung erhalten 500 Ccm. = 7,8 Proc. des Körpergew.

Durch diese Versuche wird es bestätigt, dass der geringste Umfang, welchen die Gefässhöhle zu erreichen vermag, verschieden ausfallen kann. Nach der Verblutungsreihe an den normalen Thieren wäre zu erwarten gewesen, dass diejenigen, welche ein Transfusum empfangen hatten, von ihrem ursprünglichen Blute etwa 4,5 bis 6 Procent des Körpergewichts geliefert hätten, und hierzu hätte dann noch ein Antheil von dem injizirten Blute kommen müssen, da uns bekannt ist, dass nur ein mässiger Theil des Gefässinhaltes nach vollendeter Transfusion auszuwandern pflegt.

Von dieser Voraussetzung sind aber die Erfolge der drei ersten Versuche in der Reihe B. weit entfernt, denn in diesen war das ausgeblutete Volum nur etwa gerade so gross, in keinem Falle aber grösser, als dasjenige, welches vor der Transfusion zu erwarten gewesen wäre. — Die Uebereinstimmung mit ähnlichen Beobachtungen *Worm Müller's* ist besonders beachtenswerth, weil sie hervortritt trotzdem dass das Rückenmark tetanisirt wurde. Unter diesem Eingriff verkürzen sich, wie bekannt, die Muskeln der Gefässe; zum Beweise dafür, dass es auch in den vorliegenden Fällen geschah, bestimmte ich in einzeln derselben, so z. B. in B. 3, den Blutdruck in der anderen Carotis; dieser erhob sich alsbald mit dem Beginn der Tetanisirung und sank auch sogleich nach einer Unterbrechung derselben. Daraus erhellt also, dass die Ursache für die geringe Menge des ausgestossenen Blutes keinenfalls in einem Mangel der Muskelcontractionen innerhalb der Gefässwand zu suchen ist.

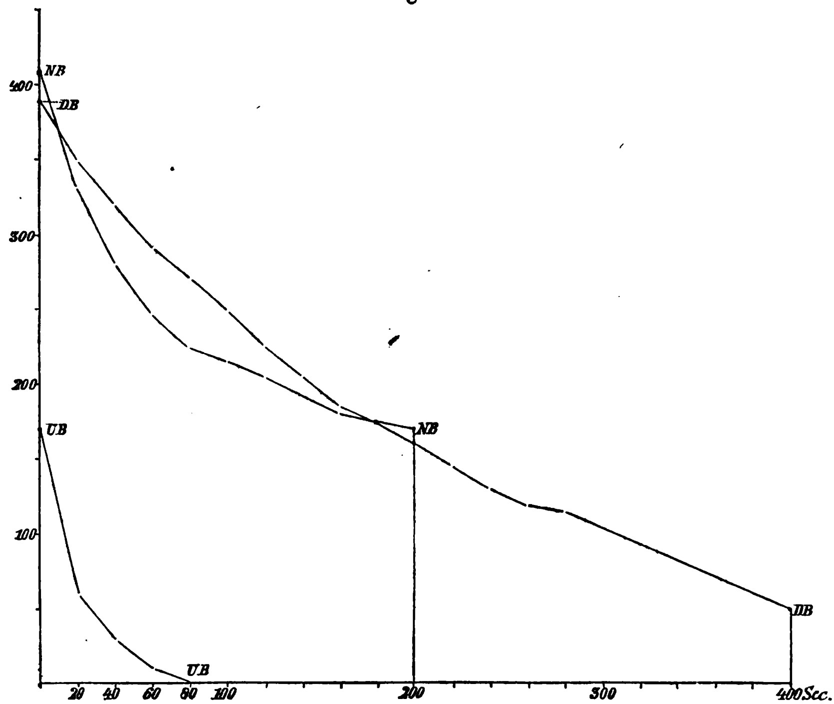
2. Ueber die Geschwindigkeit, mit welcher das Aderlassblut hervorströmt. Nach dem zweiten der oben aufgestellten Pläne sollten die zu vergleichenden Blutvolumina demselben Thiere nacheinander entnommen werden. Um den Kreis der zu erwartenden Aufschlüsse über das Bekannte hinaus zu erweitern, wurde nicht blos das Volum des ausgeflossenen Blutes, sondern zugleich die Geschwindigkeit bestimmt, mit welcher es hervorströmte. Die Auswerthung dieser letzteren geschah mit Hülfe derselben graphischen Methode, deren sich auch *Tappeiner* und *Slavjanski* bedienten.

Da der Apparat und seine Anwendung im vorigen Jahrgang dieser Berichte beschrieben ist, so kann ich die Darstellung desselben unterlassen. Während die Geschwindigkeit der Blutung aus der einen arteria carotis notirt wurde, schrieb sich auch der arterielle Druck in der anderseitigen Arterie auf. Unter diesen Messungen wurde das normale Thier zuerst verblutet; war es dem Tode nahe, so wurde ihm alsbald aus der a. carotis eines anderen Hundes eine möglichst grosse Blutmenge durch die v. jugularis hindurch zugeleitet. Um das Gewicht des übergetretenen Blutes zu finden, wurde der zweite Hund, welcher sein Blut hergegeben hatte, unmittelbar bevor und nachdem er dieses gethan, gewogen. Diese Bestimmungsweise der Blutmenge lässt natürlich keine sehr grosse Genauigkeit zu, da das specifische Gewicht des übergeführten Blutes nicht bekannt ist und weil ausser dem Verluste des Blutes auch noch andere hinzutreten, da immerhin zwischen der ersten und der zweiten Wägung mehrere Minuten verstreichen. Es kann desshalb nur als eine Annäherung, keinenfalls aber als eine Ueberschätzung des wahren Volums angesehen werden, wenn ich im Folgenden annehme, dass in unser Beobachtungsthier so viele Ccm. Blutes eingetreten seien, als das Gewicht des anderen um Gramme abgenommen hatte. Einige Minuten nach der vollendeten Ueberleitung, während welcher der registrirende Apparat gereinigt worden war, begann die zweite Blutung. War auch diese zu dem gewünschten Ziele geführt, so wurden dem Hunde so viel Ccm. defibrinirten Blutes eingespritzt, als er im zweiten Aderlass verloren hatte und hierauf wurde endlich zum drittenmale der tödtliche Aderlass bewirkt. Die Resultate zweier durchaus gelungener Versuche lege ich unter zwei Formen vor; zuerst in einer Zahlenreihe, die den unmittelbaren Ausdruck der Beobachtung enthält, und dann in einer hieraus abgeleiteten Curve. Da die Ueberschriften und Eingänge der Tabellen sehr ausführlich sind, so wird zum Verständniss derselben keine weitere Erklärung nothwendig sein. — Die Curven — Holzschnitt 1 und 2 — aber sind folgendermaassen zu verstehen. Auf die Abscisse sind die Zeiten aufgetragen; diese beginnen mit der Blutung; die Ordinaten messen dagegen den Blutgehalt der Gefässe während der fortschreitenden Entleerung. Ihr Nullpunkt liegt bei der geringsten Füllung, die dem Gefässsystem unter den wahrscheinlichsten Voraussetzungen während des Versuches zukam.

Zur Beseitigung jeden Zweifels über die Bedeutung der Curven werde ich die Entstehung einer derselben — Fig. 1 — beschreiben. — Nach der Tabelle hatte das Thier

durch die Normalblutung verloren	160 Ccm.	
- - Ueberleitung gewonnen	114	-
- - zweite Blutung verloren	254	-
- - Einspritzung gewonnen	234	-
- - dritte Blutung verloren	318	-

Fig. 1.



Auf die Ordinate zur Zeit Null wurden also aufgetragen 160, 114, 394, denn diese Zahlen geben an, um wie viel Ccm. Blut das Thier zu Beginn eines jeden Aderlasses mehr enthielt als am Ende des ersten, wo dasselbe die geringste Blutmenge enthielt. Von diesem zur Zeit Null vorhandenen höchsten Werthe wird nun der in den ersten zwanzig Secunden erfolgte Verlust abgezogen und der Rest als Ordinate auf die zwanzigste Secunde errichtet; darauf wird die von der zwanzigsten bis vierzigsten Secunde verlorene Blutmenge von der Ordinate über der zwanzigsten Secunde abgezogen und aus dem Rest die Ordinate über die vierzigste Secunde gebildet u. s. f. bis zum Schluss der Blutung. — Vorausgesetzt, dass die Annahmen, welche über den Füllungsgrad der Gefässe gemacht wurden, richtig sind, giebt die Curve den veränderlichen Füllungsgrad der Gefässe sehr anschaulich wieder.

Gewicht des Hundes 4,62 Kilo.

Zeit in Secunden	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300	340	380	420	460	500	540
Normalblutung.																					
Ausgeflossenes Blut in Ccm.	100	130	150	160																	
In je 20 Secunden ausgeflossen in Ccm.	100	30	20	10																	
Mittlerer Druck des art. Blutes in Mm. Hg.	133	120	62	55	29																
Vor Beginn der Verblutung 176 Mm.																					
Nach Transfusion von 414 Ccm. natürlichen Blutes.																					
Ausgeflossenes Blut in Ccm.	84	132	168	190	200	210	224	236	240	246	254										
In je 20 Secunden ausgeflossen in Ccm.	84	48	36	22	10	10	14	12	4	6	18										
Mittlerer Druck des arteriellen Blutes in Mm. Hg.	122	74	51	42	38	48	42	38	46	48	38										
Vor Beginn der Verblutung 168 Mm.																					
Nach Transfusion von 234 Ccm. defibrinirten Blutes.																					
Ausgeflossenes Blut in Ccm.	40	70	95	115	135	158	176	195	205	220	235	250	260	265	265	275	288	291	304	308	317
In je 20 bezw. 40 Sec. ausgeflossen in Ccm.	40	30	25	20	20	23	18	19	10	15	15	15	10	5	0	10	13	3	10	7	10
Mittlerer Druck des art. Blutes in Mm. Hg.	123	79	79	83	69	55	51	47	48	37	42	41	39	34	35	39	33	44	39	30	46
Vor Beginn der Verblutung 166 Mm.																					

Gewicht des Hundes 5,04 Kilo.

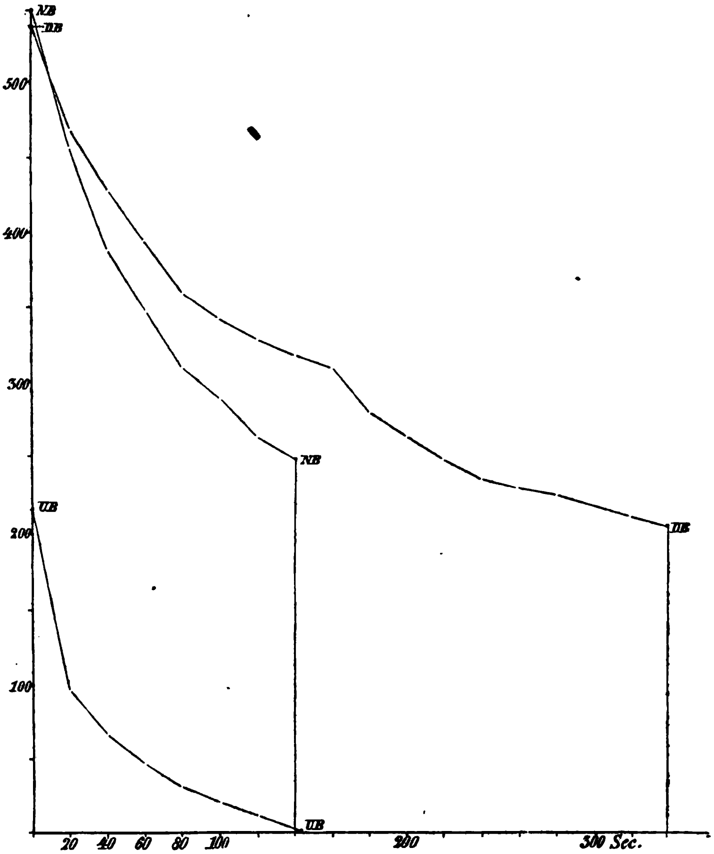
Zeit in Secunden	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300	320	340	360	380	400
Normalblutung.																				
Ausgeflossenes Blut in Ccm.	127	156	178	195	205	215														
In je 20 Sec. ausgeflossen	127	29	22	17	10	10														
Mittlerer Druck des arteriellen Blutes in Mm. Hg.	112	69	80*	26	17	12														
Nach Transfusion von 549 Ccm. natürlichen Blutes.																				
Ausgeflossenes Blut in Ccm.	90	158	200	242	260	285	300†													
In je 20 Sec. ausgeflossen	90	68	43	42	18	25	16													
Mittlerer Druck des arteriellen Blutes in Mm. Hg.	96	64	38	66*	30	18	14													
Nach Transfusion von 300 Ccm. defibrinirten Blutes.																				
Ausgeflossenes Blut in Ccm.	68	110	145	180	205	221	230**	230**	240	267	276	285	300	305	310	310	311	325	325	330††
In je 20 Sec. ausgeflossen	68	42	35	35	25	16	9	00	10***	27***	13	9	15***	5	5	0	1	14***	0	5
Mittlerer Druck des arteriellen Blutes in Mm. Hg.	86	30	31	34	20	16	10	4	31	38	26	19	27	17	12	8	11	15	15	9

* Krampf der Skeletmuskeln.
** Zusammenpressen des Unterleibes.
*** Tetanus der Skeletmuskulatur.

† Noch 8 Ccm. in unbestimmter Zeit ausgeflossen.
†† Noch 14 Ccm. in unbestimmter Zeit.

Die beiden Beobachtungen stimmen darin überein: der Gefässraum sinkt nach Vollendung der zweiten und dritten Blutung nicht wieder auf den Umfang herab, den er nach der ersten erreichte, die absolute Menge von Blut, welche das Thier hergiebt, ist nach den Transfusionen grösser als vor ihnen.

Fig. 2.



Die Geschwindigkeit, mit welcher die Entleerung erfolgt, ist in den ersten zwanzig Secunden bei der Normalblutung grösser als bei den folgenden, obwohl der Füllungsgrad der Gefässe vor den beiden letzten Blutungen bedeutend grösser

war, sie ist dagegen jenseits der ersten 20 Secunden in den beiden letzten Blutungen die grössere.

Nach der Transfusion des unveränderten Blutes ist die Steilheit der Entleerungen grösser als nach der Einspritzung des defibrinirten; der Ausfluss bringt dagegen im letzteren Falle das Gefässsystem auf einen niedrigeren Inhalt als im ersteren.

Bei der Erklärung dieser Erscheinungen wird man den Verlauf der Curven und den Schlusspunkt derselben gesondert besprechen müssen.

Ihr Verlauf erklärt sich genügend unter der Annahme, dass die elastischen Kräfte, welche das Blut zum Herzen treiben, nach der Transfusion geringer als vor derselben waren. Man würde ähnliche Curven erzeugen können, wenn man elastische Beutel von verschiedener Capacität und Wandstärke mit Flüssigkeit bis zu annähernd gleicher Spannung gefüllt hätte. Beim Ausfluss aus der elastischeren und weniger voluminösen Blase würde der Inhalt nach einer ähnlichen Curve abfallen wie die unseren vor der Transfusion; beim Ausfluss aus einem weicheren und umfangreicheren würde dagegen die genannte Curve denjenigen ähneln, die nach der Transfusion erhalten sind. Der Unterschied in der Steilheit des Abfalls, welchen die Curven darbieten je nachdem das Transfusum natürliches oder defibrinirtes Blut war, würde sich unter Festhaltung der Annahme, dass die Aenderung der Elasticität nur eine Folge der übermässigen Ausdehnung sei, aus dem ungleichen Reibungswiderstand erklären lassen. Da nach der Einführung des natürlichen und des durch Defibrinirung veränderten Blutes die Ausdehnung der Gefässhöhle gleich gross war, so müsste auch das Abfliessen gleich rasch erfolgen, wenn ausser der Elasticität auch die Reibung dieselbe gewesen wäre. In der That entleerten sich aber nach Einspritzung defibrinirten Blutes die Gefässe weniger rasch; dieses könnte man den Form- und Glätteänderungen zuschreiben, welche die rothen Formelemente während der Entfernung des Faserstoffs zu erleiden pflegen.

Schwieriger ist es eine befriedigende Antwort darauf zu geben, wesshalb in den vorstehenden Versuchen der Aderlass nach der Einführung des defibrinirten voluminöser als nach der des natürlichen Blutes ausfiel. Die Annahme, dass die Veränderung der Elasticität ausschliesslich in einer Verminderung der-

selben bestehe, die auf Rechnung der Dehnung zu setzen sei, befriedigt hier nicht, weil die Gefässhöhle durch die eingeführten Blutarten jedesmal um gleichviel ausgeweitet war. Wenn aber die Ursache dafür, dass die Gleichgewichtslage der Gefässwand bei verschiedenen Durchmessern der Gefässhöhle eintritt, nicht auf dem Volum der eingespritzten Flüssigkeit beruht, so muss sie in den specifischen Eigenschaften der letztern liegen. Durch diese müsste der Stoff der Gefässhaut unabhängig von der Dehnung eine Aenderung seiner Dimensionen erfahren können.

Unter diesem Gesichtspunkte ist es nun auffallend, dass in den vorstehenden Versuchen beidemale das aus den lebenden Gefässen des einen in die des andern Thieres übergeführte Blut stärker auf die Wand einwirkte, als das durch den Gerinnungsprocess veränderte Blut. Dieses Verhalten des gerinnungsfähigen Blutes tritt jedoch nicht immer ein; im Verlaufe meiner Versuche traf ich u. A. auch auf den Fall, von dem die Zahlen der nachstehenden Tabelle herrühren.

Gewicht des Hundes 6,58 Kilo.

Zeit in Secunden	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220
Normalblutung.											
Ausgefl. Blutmenge in Ccm.	110	195	230	260	280	295	299	305	310	310	322*
In je 20 Sec. ausgeflossen	110	85	35	30	20	15	4	6	5	0	12
Nach Ueberleitung von 525 Gr. natürlichen Blutes.											
Ausgefl. Blutmenge in Ccm.	175	285	340	378	395	427	448	465	480	500**	
In je 20 Séc. ausgeflossen	175	110	55	38	17	32	21	17	15	20	

* Nach dieser Menge flossen in unbestimmter Zeit noch 44 Ccm. ab, so dass der Gesammtverlust 366 Ccm. betrug.

** Nach Abfluss dieser Menge entleerten sich in unbestimmter Zeit noch 20 Ccm., so dass der Gesammtverlust 520 Ccm. betrug.

Diesem Thiere wurden nach überstandener Normalblutung 157 Ccm. gerinnungsfähigen Blutes (durch Ueberleitung) mehr zugeführt als es durch den vorausgegangenen Aderlass verloren hatte. Als dasselbe wieder abgelassen wurde, verengte sich die Gefässhöhle nicht nur um ein beträchtliches unter den Umfang,

welchen sie nach der Normalblutung eingenommen, sondern es geschah dieses auch mit einer grössern Geschwindigkeit als vorher, entsprechend der vermehrten Ausdehnung, bei welcher die Blutung begann. In diesem Falle, bei dem allerdings die Ueberfüllung nur mässig gewesen, erscheint darum nicht einmal der Elasticitätscoefficient der Gefässwand vermindert.

Vielleicht ist es darum statthaft zu behaupten, dass die Befähigung zur stofflichen Aenderung der Gefässwand weder an dem defibrinirten noch an dem gerinnungsfähigen Blute als solchem hafte, dass sie vielmehr irgendwelchen Eigenschaften angehöre, die bald der einen und bald der andern Art von Blut zukommen. Diese Annahme wird auch bei der wechselnden Zusammensetzung des Blutes von vorneherein wahrscheinlich.

Um mich zu vergewissern, ob die Erscheinungen, welche bei dem ununterbrochenen Aderlass beobachtet wurden, auch bei dem fractionirten auftreten, stellte ich noch den folgenden nach dem bei *Worm Müller* gegebenen Schema an. — In ihm wurde das Abströmen des Blutes aus der art. carotis dahin geregelt, dass diese geschlossen wurde, wenn 56 bis 58 Ccm. Blut in das Manometer übergeflossen waren. Nachdem die Blutung so lange bis sich die Aorta wieder möglichst vollkommen gefüllt hatte (3 bis 5 Minuten hindurch) unterbrochen gewesen, wurden von Neuem 56 bis 58 Ccm. abgelassen, dann wieder eine Pause eingeführt und dieses so oft wiederholt, als überhaupt noch Blut zu gewinnen war.

Diese Verfahrungsweise wurde an demselben Thiere vor und nach einer Transfusion von 400 Ccm. defibrinirten Blutes angewendet und dabei nachstehender Erfolg beobachtet.

Gewicht des Hundes 6,34 Kilo.

Zahl der Blutentleerungen	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Normalblutung.									
Zeitdauer einer Blutung in Secunden	7	5	9	46					
Volumen einer Blutung in Ccm.	58	57	58	56					
Mittlere Ausflussmenge in einer Secunde	8,2	11,4	6,4	1,2					
Summe des entzogenen Blutes in Ccm.	58	115	163	219					
Arterieller Druck beim Beginn einer Blutung in Mm. Hg.	190	144	136	84					
Nach Transfusion von 400 Ccm. defibrinirten Blutes.									
Zeitdauer einer Blutung in Secunden	6	5,5	6,3	9	16	38	50	92	204
Volumen einer Blutung in Ccm.	57	56	57	57	57	55	55	56	33
Mittlere Ausflussmenge in einer Secunde	9,5	10,2	9,1	6,3	3,5	1,4	1,1	0,6	0,1
Summe des entzogenen Blutes in Ccm.	57	113	170	227	284	339	394	410	483
Arterieller Druck beim Beginn einer Blutung in Mm. Hg.	166	182	186	172	118	58	36	28	30

Bei dieser Modification der Entleerung tritt also dieselbe Reihe von Erscheinungen hervor, die in den Holzschnitten 1 und 2 versinnlicht sind; trotz der grösseren Füllung, auf welche das Gefässsystem nach der Transfusion gekommen, ist die Geschwindigkeit des Abflusses nicht gewachsen, und als der Blutgehalt des Thieres bis auf den vor der Transfusion vorhandenen gesunken war, floss das Blut viel langsamer als bei dem Beginn des ersten Aderlasses ab. Einen besondern Werth erhält der Versuch dadurch, dass das Thier im Verlaufe der zweiten Verblutung mehr entleerte als dasselbe durch die vorhergeheude Transfusion empfangen hatte. Denn dadurch ist der Einwand beseitigt, dass ein Theil der eingespritzten Blutmasse irgendwo in die Gewebe ausgetreten sei. — Das Gefässsystem war gefüllter als vor der Transfusion und dennoch trieb es seinen Inhalt mit geringerer Geschwindigkeit aus.

Die Messungen der Geschwindigkeit, mit welcher das Blut aus der geöffneten Arterie hervortrat, bestätigen demnach die Folgerungen, welche *Worm-Müller* aus seinen Druckbestimmungen gezogen hatte. Wenn die Lichtungen der kleinern Gefässe über ihr normales Maass ausgedehnt werden, so nimmt die Elasticität ihrer Wandungen ab, in Folge dessen ihre Spannung trotz der grösseren Ausdehnung nicht zunimmt. Die Ursache hierfür liegt aber nach meinen Beobachtungen nicht blos in der elastischen Reckung der Gefässwand, sondern zum Theile wenigstens in irgendeiner Umwandlung ihres Stoffes.

Dr. M. J. Rossbach, *Ueber die Umwandlung der periodisch aussetzenden Schlagfolge des isolirten Froschherzens in die rhythmische.* Aus dem physiologischen Institute zu Leipzig. Vorgelegt von dem wirklichen Mitgliede *C. Ludwig.*

Als ich mich in den Osterferien dieses Jahres während einiger Wochen in Leipzig aufhielt, fand ich in der physiologischen Anstalt den Apparat noch zusammengestellt, dessen sich *Luciani*[1]) bei seinen Versuchen bedient hatte. Hierdurch war mir Gelegenheit geboten, nach den Ursachen der merkwürdigen Erscheinungen zu suchen, deren Darstellung ihren Entdecker so dauernd gefesselt hatten.— Den folgenden Mittheilungen schicke ich die Bemerkung voraus, dass immer, wo in ihnen das Wort »Herz« vorkommt, darunter ein solches zu verstehen ist, dessen Vorhöfe nach der Vorschrift *Luciani*'s umschnürt waren.

1. Ueber den Einfluss des systolischen Herzdrucks auf die Gruppenbildung. — In einer ersten Reihe von Versuchen schaltete ich statt des Quecksilbermanometers ein Wasser- und ein *Fick*'sches[2]) Kautschukmanometer ein, um Klarheit zu erlangen ob die Last der Quecksilbersäule, welche das Herz bei jeder Contraction zu heben hatte, so lange es mit dieser seine Bewegungen aufzeichnete, einen die Pausen- und Gruppenbildung bedingenden Einfluss ausübe. *Luciani* hatte bereits gefunden, dass eine beträchtliche und dauernde Steigerung des Drucks, den das Herz während der Diastole auszuhalten hat, den Eintritt der Ermüdung beschleunigt und die Pulscurven unregelmässig macht. Diese traumatischen Erscheinungen sah er nicht mehr schwinden, wenn der sie verur-

---

1) *Dr. Luigi Luciani*, Eine periodische Function des isolirten Froschherzens. Arbeiten d. physiolog. Instituts zu Leipzig. 1873.

2) Das *Fick*'sche Kautschukmanometer ist beschrieben in einer unter *Fick*'s Leitung ausgeführten Arbeit von *Badoud* in der Zeitschr. d. phys.-med. Ges. z. Würzburg. Bd. 7. 1874.

sachende hohe Druck wieder vermindert wird. Um auch über den Einfluss des systolischen Druckes Näheres zu erfahren, hatte er mit dem Froschherzen durch einen Doppelweghahn zwei Manometer in abwechselnde Verbindung gebracht, eines mit weiterem, das andere mit engerem Lumen, und geprüft, ob die Grösse der Systole zunimmt, wenn die Quecksilbersäule im weiteren Manometerrohre weniger hoch getrieben wird. In Folge einer zu geringen Zahl von Versuchen konnte er zu keinem bestimmten Resultat gelangen.

Bei der von mir gewählten Anordnung der Versuche konnte man den systolischen Herzdruck beliebig erniedrigen und erhöhen, je nachdem man das freie Ende des Wassermanometers offen liess oder in verschiedenem Maasse zuklemmte. Es trat hierbei allerdings noch ein zweites wichtiges Moment mit ins Spiel, das bei der Betrachtung der eintretenden Erscheinungen nicht ausser Acht gelassen werden durfte: die Erneuerung oder Spülung des Herzinhaltes. Denn bei offenem Manometerrohr stieg selbstverständlich die Flüssigkeitssäule bedeutend höher als bei geschlossenem, und es war in ersterem Falle daher auch der Flüssigkeitswechsel im Herzen ein grösserer.

Es zeigte sich nun, dass an dem mit centrifugirtem, möglichst klarem Kaninchenserum gespeisten Herzen die Gruppenbildung sowohl bei hohem (Quecksilbersäule), wie bei niedrigem (Wassersäule) systolischem Herzdruck auftrat. Aber bei niedrigem systolischem Druck war die Gruppenbildung eine viel regelmässigere, als bei sehr hohem; in letzterem Falle entstanden sehr ungleiche und theilweise längere Gruppen; die einzelnen Contractionen der Gruppe waren durch ziemlich ungleiche und im Beginn sehr lange Zwischenräume von einander getrennt; auch die Zahl der Contractionen in den Gruppen war sehr ungleich, und in einem Versuch wurde entschieden durch zu hohen Druck die Gruppenbildung ganz aufgelöst und die Krisis eingeleitet. Unmittelbar nach Oeffnung des Wasserrohrs dagegen und demzufolge sich sehr erniedrigendem systolischen Druck wurden die Gruppen sogleich kleiner und regelmässiger.

Wenn demnach zwar einem sehr hohen systolischen Druck ein Einfluss auf die Gruppenbildung nicht abgesprochen werden kann, so ergab sich doch andererseits, dass die Druckhöhe der Quecksilbersäule in der *Luciani*'schen Versuchsanordnung keine wesentliche Veränderung in dem Zustandekommen der Gruppen

bedingt haben konnte, dass also die *Luciani*'schen Gruppen nicht etwa auf Rechnung der Hebung der Quecksilbersäule durch den Herzmuskel gebracht werden können; denn die Gruppen bei geöffnetem Wassermanometer unterschieden sich fast gar nicht von den durch das Quecksilbermanometer aufgezeichneten.

2. **Ueber den Einfluss verschiedener Füllungsmittel auf die gruppirte Schlagfolge des Herzens.** Dadurch, dass *Luciani* zu der Unterbindung des Vorhofs noch die Füllung der Herzhöhle mit Serum hinzufügte, gelang ihm, statt des Herzstillstandes, welcher uns seit *Stannius* bekannt ist, die merkwürdigen Erscheinungen des Anfalls, der Gruppenbildung und der Krise herbeizuführen. Wenn nun durch die Gegenwart des Serums der Herzschlag so auffallend verändert werden konnte, dann war es nicht ungereimt zu vermuthen, dass durch die Vertauschung des Serums mit anderen Flüssigkeiten noch weitere Umformungen der Schlagfolge gelingen möchten. Diese Voraussicht hat der Versuch bestätigt.

a. **Blut und blutiges Serum.** Während, wie ich bestätigen kann, bei der Anwendung centrifugirten, also möglichst blutkörperchenfreien Serums, die Gruppenbildung in ausgeprägtester Weise [1]) auftritt, fand ich, dass das frische **Herz nach**

1) *Luciani* hatte bei seinen Versuchen gefunden, dass die Pulsfrequenz innerhalb der Gruppen keineswegs constant ist, sondern in der Regel bis fast zur Mitte derselben anwächst und darauf etwas langsamer wieder abnimmt. Wenn man die Tabellen durchmustert, in denen er den Verlauf der periodischen Thätigkeit des Herzens darstellt, so zeigt sich in mehreren Versuchen eine ungemeine Regelmässigkeit in der Zunahme der Pulszahl der Gruppen, so wie der Zeitdauer der Gruppen und der Pausen. Auch mir fiel diese ausserordentliche Regelmässigkeit in mehreren Fällen auf, in denen das Herz, von einer Pulsation anfangend, in jeder folgenden Gruppe um eine Pulsation mehr ausgab und nur selten eine Zahl übersprang, in denen ebenso gleichmässig die Zeitdauer der Perioden und der Pausen anwuchs, wie aus folgendem Beispiel zu ersehen ist.

Unterbindung des Herzens in der Mitte zwischen Sinus und Ventrikelfurche; Füllung mit centrifugirtem Kaninchenserum.

Zahl der Pulse in den aufeinander folgdn. Gruppen.	1	2	2	2	2	2	2	2	3	3	4	4	5
Zeitdauer (Secunden) d. Gruppen.	2½	5	5	5	5	5	5	5	7	7	11	11	12
Zeitdauer (Secunden) der auf die obigen Gruppen folgenden Pausen.	10	10	11	11	11	11	12	16	18	18	23	24	30

Zahl der Pulse in den aufeinander folgdn. Gruppen.	6	7	8	10	11	13	14	15	15	17	16	17	18
Zeitdauer (Secunden) d. Gruppen.	13	16	18	25	26	31	32	32	35	38	37	42	42
Zeitdauer (Secunden) der auf die obigen Gruppen folgenden Pausen.	33	40	46	55	61	71	75	?	87	98	111	118	?

Ganz dasselbe zeigt sich auch an einem scheintodten und durch Wärme wieder belebten Blutherzen.

seiner Füllung mit sehr rothem Serum oder mit defibrinirtem Blute nie eine Spur von einer gruppenweisen Folge der Schläge darbietet, sondern dass es nach Ablauf des Anfalls eben so regelmässig wie ein normales fortarbeitet. Ich vergewisserte mich auch, dass der Ausfall der Gruppen bei den mit Blut gefüllten Herzen nicht etwa durch die Individualität der verwendeten Frösche, oder durch eine mangelhafte Anlegung der Ligatur bedingt war. Nach Vollendung der Unterbindung füllte ich mehrere Herzen zuerst mit möglichst farblosem Kaninchenserum und ersetzte dieses letztere, nachdem die Gruppenbildung in vollkommenster Weise aufgetreten war, durch blutiges Serum oder defibrinirtes Blut. Nach diesem Austausche verschwanden die Gruppen und es erschien eine regelmässige Pulsation, wie am normalen, nicht unterbundenen Herzen.

Das defibrinirte Blut ist jedoch nicht unter allen Umständen befähigt den normalen Rhythmus des Herzschlages zu unterhalten. Lässt man dasselbe, ohne es zu erneuern, so lange im Herzen verweilen, bis es seine hellrothe Farbe verloren hat, so beginnt die Gruppenbildung von Neuem. Alsdann sind die Gruppen anfänglich von langer Dauer, und je zwei derselben nur durch kurze Pausen getrennt, allmählich aber wächst die Dauer der Pause, und die Zahl der Schläge, welche in einer Gruppe enthalten sind, wird geringer.

Füllt man, nachdem die Gruppenbildung unter der Einwirkung des dunkleren Blutes längere Zeit gedauert, das Herz mit frischem Blute, so verschmelzen die Gruppen auch jetzt nicht mehr, sondern sie werden nur länger; von nun an kann auch durch die wiederholte Füllung des Herzens mit frischem Blute oder blutigem Serum der periodische Rhythmus nicht wieder zum Verschwinden gebracht werden.

Für die Wirkung, welche das mit Serum verdünnte Blut auf das Herz ausübt, sind noch die folgenden Thatsachen von Bedeutung. — Das mit Blut gefüllte, regelmässig arbeitende Herz geht sogleich zu der Gruppenbildung über, nachdem seinem Inhalte eine schwache Veratrinlösung zugeführt worden ist. —Wenn das mit Kochsalzlösung gefüllte Herz mehrere Stunden hindurch im langsamen, regelmässigen Rhythmus pulsirt hatte und endlich so weit ermüdet war, dass es nicht aus eigenem Antriebe, sondern nur durch je eine sanfte Berührung seiner äusseren Fläche eine Contraction vollführte, so war auch körperchenfreies, cen-

trifugirtes Serum nicht mehr im Stande den Schlag zu wecken. Ein blutreiches Serum war dagegen noch vermögend das Herz zu selbstständigen Zuckungen anzuregen, die einander nach längeren aber immer gleichen Intervallen folgten. — Wenn ein mit Serum gefülltes Herz so lange gearbeitet hat, bis es in das Stadium der Krise gelangt, so kann es durch die Einführung reinen, oder auch durch Serum verdünnten Kaninchenblutes in einen starken und nachhaltigen Tetanus versetzt werden. Füllt man nach Ablauf dieses Tetanus das Herz von Neuem mit frischem Blute, so verfällt es abermals in eine tetanische Contraction.

b. Kochsalzlösung. Auch dann, wenn das Herz mit einer Kochsalzlösung von 0.6 Proc. gefüllt wird, verschwindet die gruppenweise Anordnung seiner Schläge. Gleichviel wie lange und unter welchem Drucke es unter diesen Umständen gearbeitet hat, immer hält es eine regelmässige Schlagfolge ein. Anfangs schob ich dieses Verhalten auf die starke Filtration der Lösung durch die Herzwand, beziehungsweise auf die von der letzteren bedingte rasche Erneuerung des Herzinhaltes. Als eine Bestätigung dieser Annahme erschien es, dass ein Herz, welches mit einem Gemenge von Kochsalz- und Gummilösung, also mit einer nicht filtrirenden Lösung gefüllt war, eine kurze Zeit hindurch seine Schläge in Gruppen ausgab. Allein es gelang mir Herzen zu finden, die im regelmässigeren Rhythmus pulsirten, obwohl durch deren Wand auch kein Tropfen der reinen Kochsalzlösung austrat, mit welcher ihre Höhle gefüllt war.

Mit diesen Mitteln gelingt es, an ein und demselben Herzen das verschiedene Verhalten der Schlagfolge darzustellen. Füllt man dasselbe zuerst mit Kochsalzlösung, so folgen sich seine Schläge in immer gleichlangen Intervallen; vertauscht man den bisherigen Inhalt mit Serum, so ordnen sich nun die Contractionen gruppenweise an, und verdrängt hierauf das reine ein blutkörperchenhaltiges Serum, so arbeitet das Herz wiederum in regelmässiger Zeitfolge[1]). — Zwischen dem Rhythmus des mit Kochsalzlösung oder mit blutigem Serum arbeitenden Herzens

1) Eine Lösung von 1 Theil übermangansauren Kali's in 6000 Theilen Kochsalzlösung von 0,6% erzeugt, in die Herzhöhle gebracht, am ermüdeten Kochsalzherzen einen Tetanus mit aufgesetzten, seltenen Pulsen und darauf folgender Gruppenbildung. Alsbald aber tritt unter den Erscheinungen der Starre der Herztod ein.

scheint jedoch der Unterschied zu bestehen, dass sich die Schläge des ersteren seltener als die des letzteren folgen. So schlug ein Herz mit Kochsalzlösung 6mal in der Minute, mit reinem Serum in der ersten Gruppe 7–, in der zweiten 10mal, mit Blut dagegen 23mal. Weitere Versuche werden zu entscheiden haben, ob dieser Unterschied durchgreift.

Nach diesen Erfahrungen unterliegt es keinem Zweifel, dass die Schlagfolge des am Vorhofe umschnürten Herzens durch die Qualität seines flüssigen Inhaltes in gesetzmässiger Weise verändert wird, vorausgesetzt, dass die inneren Einrichtungen des Herzens in den verglichenen Fällen übereinstimmten. Da sich das Auftreten gewisser Erscheinungen am sichersten voraussagen liess, wenn das Herz einem kräftigen Thiere angehörte und kurze Zeit, nachdem es demselben entnommen war, den Einwirkungen der verschiedenen Flüssigkeiten ausgesetzt wurde, so mag es gestattet sein, die Besprechung der Resultate auf die eines solchen Organs zu beschränken. — Je nachdem man die zeitliche Vertheilung oder die Grösse der gelieferten Arbeit in Betracht zieht, stellt sich das reine Serum näher oder entfernter zum bluthaltigen als die Kochsalzlösung.

Bei der Anwesenheit von Blut und von Kochsalzlösung vertheilten sich die Herzschläge gleichmässig auf die Zeit, mit andern Worten, die Pulsationen waren, wenn auch ungleich häufig, so doch regelmässig. Bei der Anwesenheit des Serums drängten sich dagegen zu gewissen Zeiten die Pulsschläge dicht aufeinander, während sie zu einer andern Zeit, die das Vielfache der gewöhnlichen Herzpause betrug, gänzlich ausblieben. Wollte man nur das Serum und das Blut untereinander vergleichen, so würde man die Ursache der eigenthümlichen Periodizität, die das Serum veranlasst, auf seinen geringeren Sauerstoffgehalt oder auf den Mangel eines andern in den Blutkörperchen vorhandenen Stoffes zurückführen können. Dieser Erklärungsgrund erweist sich aber als unhaltbar, wenn man auch die Kochsalzlösung in Betracht zieht. Denn in dem Serum ist der Sauerstoffgehalt gewiss nicht geringer als in der Kochsalzlösuug, der ja auch alle andern Bestandtheile der Blutkörperchen fehlen. — Ebensowenig kann das Chlornatrium in der Kochsalzlösung die Ursache sein, warum bei ihrer Gegenwart die durch das Serum veranlasste Periodizität verschwindet, weil auch dieses letztere Chlornatrium und zwar mindestens so viel als das Blut enthält;

und da endlich auch im Blute eine reichliche Menge von Serum enthalten ist, so können auch die Bestandtheile dieser Flüssigkeit nicht ohne weiteres für die Gruppenbildung verantwortlich gemacht werden. Somit steht es entweder frei anzunehmen, dass sich im reinen Serum ein Stoff bilde, der einerseits von ähnlichem Einflusse sei wie das Veratrin, welches dem Blut zugesetzt ward und der andererseits zerstört werde, wenn er mit den hellrothen Blutkörperchen in Berührung kommt. Oder aber, man kann sich vorstellen, dass der von den Blutkörperchen hervorgerufene Effect auf einer chemischen, der von der Kochsalzlösung bedingte auf einer physikalischen Einwirkung beruhe, während dem Serum keine der beiden Beeinflussungen gestattet sei.

Sollte sich das von mir beobachtete Verhalten bestätigen, dass die Häufigkeit der Schläge bei der Anwesenheit des Blutes grösser, als bei der des Serums, und bei derjenigen dieses Stoffes wieder grösser, als bei der des Kochsalzes sei, so würde man wohl annehmen können, dass der reichlichere Sauerstoffgehalt des Blutes öftere Wiederkehr des Schlages verursache, zugleich aber müsste man hinzufügen, dass die reine Kochsalzlösung auf die Entwickelung der Herzreitze schädlich wirke.

Wäre dieses letztere der Fall, so liesse sich, ausser den hier angedeuteten, für die Wirkung der drei verschiedenen Flüssigkeiten, insbesondere aber für die scheinbar gleichartige des Blutes mit der Kochsalzlösung noch die folgende Erklärung versuchen. Die Erscheinungen, welche das Serum hervorruft, laufen in einer Weise ab, die auf ein Anwachsen und ein darauf folgendes Absinken der Energie gewisser Bedingungen hindeutet, welche bei der gruppenweisen Vertheilung der Herzschläge wirksam sind. In der überwiegenden Mehrzahl der Fälle wächst nämlich in einem ersten Abschnitt des Verlaufes die Anzahl der Pulse je einer Gruppe und gleichzeitig die Dauer der entsprechenden Pausen; dann aber nehmen beide wieder ab, bis endlich, im Stadium der sogenannten Krise, die Gruppen ganz verschwinden, indem statt ihrer in regelmässiger aber seltener Folge die Herzschläge auftreten. Hiernach gewinnt es den Anschein, als ob das Serum wie ein Reizmittel wirke. Nun könnte man annehmen, dass das Blut ein erregbares Herz noch stärker zu reizen vermöge als das Serum, und darum auch die Pausen zum Verschwinden bringe, während die Kochsalzlösung viel

weniger als das Serum errege, sodass bei ihrer Anwesenheit das Herz von vornherein in einen Zustand trete, welcher dem Stadium der Krise am Serumherzen entspricht. Dann wären sich in der That die Wirkungen des Kochsalzes und des Blutes nicht so ähnlich, als es auf den ersten Blick den Anschein hat. — Eine zweckmässige Variation der Versuche wird ihren Resultaten hoffentlich die Mehrdeutigkeit nehmen, welche ihnen jetzt noch anklebt.

3. Ueber die Belebung des scheintodten Herzens durch Druck und Wärme. — Im Verlauf meiner Versuche stiess ich auf einige Fälle, in welchen ein anscheinend unerregbares Herz durch äusseres Zuthun wiederum zur vollen Thätigkeit angefacht wurde.

a. Bei einem Versuche, wo das an den Vorhöfen umschnürte Herz mit einer Mischung von Kochsalzlösung und Froschblut unter einem sehr niedrigen diastolischen Drucke gefüllt war, hörte das Herz ganz zu schlagen auf, nachdem es einige Minuten regelmässig pulsirt hatte. Als nach 10 Minuten langem Stillstand der diastolische Druck erhöht wurde, bildete sich augenblicklich eine Gruppe von 15 Pulsationen, sowie aber darauf der diastolische Druck erniedrigt wurde, versank das Herz in Ruhe und bildete erst dann wieder eine Gruppe, wenn ihm durch Erhöhung des inneren Druckes, oder durch eine äussere Berührung ein Anstoss gegeben worden war. So konnte ich das Herz beliebig lange pausiren lassen, bis endlich, nachdem dieses Spiel viermal erneuert worden war, das Herz ohne nachweisbare Ursache plötzlich von selbst wieder zu pulsiren anfing und nun im regelmässigen Rhythmus stundenlang fortschlug.

b. Unter gewissen, schon früher erwähnten Bedingungen (p. 197) ist reines oder mit Serum verdünntes Kaninchenblut ein sehr heftiger Reiz für das Froschherz; denn es geräth in Tetanus, wenn die genannten Flüssigkeiten in seine Höhle gebracht werden. Hierdurch kann aber nicht blos dieses, sondern es kann auch ein Scheintod des Herzens erzeugt werden. Als ich bei dem oben erwähnten Versuche nach dem zweimal erzeugten Tetanus zum drittenmale frisches Blut zuleitete, hörte das Herz augenblicklich zu pulsiren auf und konnte selbst durch kräftiges Kneipen und Zusammendrücken zwischen den Fingern zu keiner neuen Zusammenziehung gebracht werden.

Was aber den starken mechanischen Reizen nicht mehr ge-

lang, vermochte die Temperaturerhöhung. Nachdem der todähnliche Zustand etwa fünf Minuten gedauert hatte, erwärmte ich die Flüssigkeit, in der das Herz hing und sah, dass dasselbe bei einer Temperatur von 37° C. wieder zu schlagen begann, und zwar ganz wie ein frisches, eben unterbundenes und mit reinem Serum gespeistes Herz. Zuerst kam ein Anfall mit aufsteigender Treppe, darauf folgte Gruppenbildung und endlich die Krisis[1]).

Nachdem dieses durch Wärme wieder lebendig gewordene Herz nach Ablauf der Krisis zum zweitenmale abgestorben schien, und auf mechanische Reize abermals nicht mehr zur Contraction gebracht werden konnte, vermochte ich es durch neue Erwärmung und frische Füllung mit blutigem Serum nochmals zum Leben und sogar zur Gruppenbildung zu veranlassen.

Ich spreche Herrn Professor *Ludwig* für die freundliche Aufnahme und Herrn *Kronecker* für seinen Beistand bei den mitgetheilten Versuchen meinen herzlichsten Dank aus.

---

1) *Luciani* hatte gefunden, dass seine Herzen nur selten eine Erwärmung des umgebenden Serums bis auf mehr als 30° C. ertrugen.

SITZUNG AM 14. NOVEMBER.

A. W. Volkmann, *Untersuchungen über das Mengenverhältniss des Wassers und der Grundstoffe des menschlichen Körpers.*

Die Chemiker haben die elementare Zusammensetzung des menschlichen Körpers längst ermittelt, aber in welchen relativen Mengen die Elemente sich in ihm vorfinden, ist zur Zeit noch unbekannt. Gleichwohl ist die Beurtheilung der Ernährungsvorgänge von der Erkenntniss des Procentgewichtes der Grundstoffe des Körpers in hohem Grade abhängig, und bleibt also hier eine Lücke der Physiologie noch auszufüllen.

Da eine quantitative Analyse von 62 Kilogramm organischer Substanz (ein Gewicht, welches dem des erwachsenen Mannes ungefähr entspricht) nicht ausführbar ist, so wird die Frage, wie viel von jedem Elementartheile in den menschlichen Organismus eingeht, auf directem Wege vielleicht nie erledigt werden. Dagegen darf man hoffen, auf indirectem Wege und durch eine geschickte Combination von Partialanalysen, der Lösung der Frage nahe zu kommen, d. h. für die relativen Mengen der verschiedenen Grundstoffe, brauchbare Mittelwerthe zu finden.

Um die Ausführung eines solchen Verfahrens verständlich zu machen, will ich Bezug auf das Gehirn nehmen. Wir haben vortreffliche Untersuchungen einerseits über den Wassergehalt des Gehirns, andererseits über die chemische Zusammensetzung der getrockneten Hirnmasse. Für C. H. N. O. und Asche sind die Procentgewichte genau bestimmt. Da man nun den Wassergehalt des frischen Gehirns kennt, so lassen sich die Procentgewichte der Elemente auch für das frische Gehirn berechnen, und da weiter bekannt ist, wie viel das Gehirn des Menschen in Procenten vom Körpergewichte wiegt, so lässt sich schliesslich berechnen, wie viel die im frischen Gehirne enthaltenen Grundstoffe in Procenten vom Körpergewichte ausmachen, oder mit andern Worten, es lässt sich angeben, wie viel das Gehirn un-

serem Körper an freiem Wasser, Kohle, Stickstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Erden liefere. Wüsste man nun von allen Organen, was man vom Gehirne weiss, so brauchte man beispielsweise nur die Kohlenmengen sämmtlicher Organe zu addiren, um die Masse der in unserem Körper enthaltenen Kohle zu erhalten.

Mit dieser Erläuterung des Untersuchungsverfahrens habe ich gleichzeitig den Plan meiner nachstehenden Arbeit gegeben. Es ist klar, dass eine auf die angegebene Weise ausgeführte Untersuchung, auch im besten Falle, für die Quantitäten der in Frage gestellten Stoffe nur Mittelwerthe liefre, von welchen die realen Werthe im concreten Falle beträchtlich abweichen können. Aber leider werden meine Mittelwerthe, selbst als solche, noch viel zu wünschen übrig lassen, weil die Zahl der Fälle, aus denen ich sie abgeleitet habe, vielfältig keine genügende ist. Diesen Mangel meiner Arbeit werden billige Leser damit entschuldigen, dass das Material, auf welchem meine Rechnungen fussen, auch durch die angestrengteste Thätigkeit eines Einzelnen nicht zusammengebracht werden konnte. Wenn man bedenkt, dass auch für das Skelett, die Muskeln, die Haut und das Fettgewebe Wassergehalt und Procentgewichte ermittelt werden müssen, so wird man begreifen, dass zur Beschaffung so vieler Fälle als nöthig sein würde, um gute Mittelwerthe aufzustellen, die Kräfte des vereinzelten Forschers nicht ausreichen.[1] Meine Arbeit ist also in der That mehr nicht, als der Anfang einer bisher gänzlich vernachlässigten, aber dennoch wichtigen Untersuchung. Sie wird den Grad der Ausbildung, dessen sie überhaupt fähig ist, nur dann erreichen, wenn die Vorsteher anatomischer Anstalten die ihnen allein gebotene Gelegenheit zur Bestimmung der Procentgewichte sorgfältig benutzen. Es ist wünschenswerth, die an männlichen und weiblichen Individuen vorgenommenen Wägungen auseinander zu halten, und bemerke ich, dass die meinigen, wo nicht ausdrücklich das Gegentheil angegeben ist, sich überall auf erwachsene Männer beziehen.

Ich will einleitend noch bemerken, dass zur Beurtheilung gewisser Verhältnisse des Stoffwechsels, die Kenntniss der absoluten Gewichte der im Körper befindlichen Grundstoffe wichtiger sein kann, als die Kenntniss ihrer Procentgewichte. Wenn wir beispielsweise mit einem Individuum zu thun haben, welches täglich 30 Gramm Stickstoff entleert, so ist es nutzlos zu wissen,

dass derselbe im Mittel etwa 27% des Körpergewichtes beträgt. Wüssten wir dagegen, dass dieses Individuum überhaupt 1621 Gr N. enthalte, so wüssten wir auch, dass es im Verlaufe von 24 Stunden $^1/_{54}$ seines Stickstoffes ausschiede, womit ein Einblick in die Intensität des Stoffwechsels gegeben wäre. Man kann also Veranlassung haben, die Procentgewichte in absolute Gewichte umzurechnen. Sollen aber mittlere Procentgewichte auf eine bestimmte Anzahl von Grammen zurückgeführt werden, so muss das mittlere Körpergewicht gegeben sein. Hieraus erklärt sich, warum ich auch Dieses in den Kreis meiner Untersuchungen gezogen habe.

I. Vom mittleren Körpergewichte.

Quetelet hat über das Gewicht und die Körperlänge des erwachsenen Mannes folgende Bestimmungen gegeben: [1])

Lebensalter.	Gewicht.	Körperlänge.
20	60,06 Kilogr.	1,674 Meter.
25	62,03 »	1,680 »
30	63,65 »	1,684 »
40	63,67 »	1,684 »
50	63,46 »	1,674 »
60	61,94 »	1,639 »

also für erwachsene Männer zwischen 20 und 60 Jahren im Mittel 62,47 Kilogr.

Bei dem grossen Ansehen, welches der berühmte belgische Statistiker allgemein geniesst, würde ich seiner Rechnung ohne Weiteres gefolgt sein, wenn nicht gleich beim Beginn meiner Rechnungen das Schriftchen von *G. Blosfeld*, Organostathmologie, oder Lehre von den Gewichtsverhältnissen des menschlichen Körpers, mir in die Hände gefallen wäre, nach welchem das mittlere Körpergewicht beträchtlich kleiner zu sein scheint.

Blosfeld wog die Leichen von 200 Russen und Tartaren und erhielt meiner Rechnung zu Folge 58,2 Kilogr. als mittleres Körpergewicht.[2]) Dieser viel niedrigere Mittelwerth beruht nun

1) *A. Quetelet*: Ueber den Menschen etc., übersetzt von *Dr. Riecke*, Stuttgart 1838., S. 366.

2) Nach *Blosfelds* Tabelle würde das mittlere Körpergewicht sogar nur 52 Kilogr. betragen. Ob die bedeutende Differenz auf einem Rechnen- oder Druckfehler beruhe, muss ich dahingestellt sein lassen.

zwar theilweise darauf, dass sich unter den untersuchten Körpern einige weibliche, ferner 11 Personen unter 20 Jahren und 40 über 60 Jahr alte befanden, allein die Differenz der beiderseitigen Angaben ist doch zu gross, als dass sie auf die eben erwähnten Umstände allein bezogen werden könnte. Dies ergiebt sich auf das Bestimmteste noch daraus, dass das mittlere Körpergewicht von 36 Männern, welche *Blosfeld* als Normalfälle aufstellt, mehr nicht als 60,7 Kilogr. betrug.

Auch 27 Leichen, welche der hiesigen Anatomie zugeführt worden waren, Männer, deren mittleres Lebensalter 45 Jahre betrug, ergaben ein sehr viel geringeres Körpergewicht, als *Quetelet* verzeichnet, nämlich im Mittel nur 50 Kilogr. Diese Erfahrung verliert freilich dadurch an Gewicht, dass bei Weitem die meisten Leichen, welche unsere Anstalt erhält, von Zuchthäusern geliefert werden, einige sogar vom städtischen Krankenhause. Es handelt sich also allerdings nur um Fälle, welche mangelhafte Ernährungsverhältnisse vorauszusetzen gestatten.

Untadelhaft scheinen dagegen Erfahrungen, welche mir durch die Güte des hiesigen Bataillons-Arztes, Herrn *Dr. Trautmann* mitgetheilt worden. Auf höheren Befehl waren die hier eingestellten Rekruten bei Vornahme der ärztlichen Inspection nicht nur gemessen, sondern auch gewogen worden, und sind mir die hierbei geführten Protocolle zur Einsicht und Benutzung vorgelegt worden. Im Mittel von 400 Fällen wogen die Mannschaften im 20. bis 22. Lebensjahre 55,72 Kilogramm.

Etwas andere Resultate erhielt Herr *Dr. Aeffner*, Militärarzt in Merseburg, welcher ebenfalls Rekruten von 19—21 Jahren zu wägen hatte. Das mittlere Gewicht in 80 Fällen betrug 61,7 Kilogr.. Indess ist auch diese Ziffer kleiner, als die von *Quetelet* gegebene.

So entstanden in mir Zweifel an der Richtigkeit der *Quetelet*'schen Angabe und war ich geneigt, seinen Mittelwerth von 62,47 Kilogr. für zu hoch zu halten. Diese Bedenken schwanden jedoch wieder nach Durchsicht des wichtigen amerikanischen Werkes: Investigations in the military and anthropological statistic of American soldiers, by B. Gould, published by the U. S. sanitary commission, Newyork 1869, in welchem die Körpergewichte von 3492 Soldaten zur Untersuchung kamen. Der Befund war folgender:

Lebensalter.	Zahl der Fälle.	mittleres Gewicht in amerik. Pfunden[1])	in Kilogr.
21—30 Jahr	2735	147,07	66,71
31—40 »	606	150,06	68,06
41—50 »	151	149,87	67,98

Hieraus berechnet sich das mittlere Körpergewicht für männliche Individuen von 20—50 Jahren auf 66,9 Kilogramm, ein Werth, welcher den von *Quetelet* gefundenen noch merklich übersteigt.

Nach einem unvollständigen Citate von *Scherer* (*Canstatt* Jahresberichte für 1852, S. 124) soll *Hutchinson* durch 3000 Wägungen constatirt haben, dass das Körpergewicht erwachsener Männer im Mittel 67 Kilogr. betrage. Leider habe ich die Quelle, aus welcher die Mittheilung entnommen, nicht ausfindig machen können, und drängt sich nun, trotz der vortrefflichen Uebereinstimmung zwischen *Hutchinson* und *Gould*, ein Zweifel auf. *Hutchinson* bemerkt nämlich in dem Artikel Thorax (Cyclopaedia of anatom. and physiol. IV. 1041), dass bei 14 Männern im mittleren Alter von 51 Jahren, welche nackend gewogen wurden, das mittlere Gewicht 110 Pfund = 49,89 Kilogr. betragen habe. Der enorme Unterschied von 67 und 50 Kilogr. kann nur auf einer Verschiedenheit der Bedingungen beruhen, unter welchen die Wägungen vorgenommen wurden. Hätte *Hutchinson* in einem Falle die nackten Leichen von Personen die im Hospitale gestorben gewogen, im anderen Falle dagegen gesunde und nicht nackte Männer, so wäre der Unterschied von 17 Kilogr. wohl begreiflich. Geht man auf diese Erklärung ein und schätzt mit *Quetelet* das Gewicht der Kleidung eines Mannes durchschnittlich auf $^1/_{18}$ vom Körpergewichte, so reducirt sich das mittlere Körpergewicht, welches *Hutchinson* aus 3000 Wägungen ableitete, auf 67—3,7 = 63,3 Kilogr., ein Werth, welcher dem von *Quetelet* aufgestellten sehr nahe steht.

Aus allem Mitgetheilten ergiebt sich zwar, dass die Untersuchungen über das mittlere Körpergewicht noch nicht als abgeschlossen betrachtet werden können, indess, da die Angaben der verschiedenen Forscher, von denen *Quetelets* nach den entgegengesetzten Seiten hin abweichen, so liegt kein genügender

1) Das amerikanische Pfund ist gleich dem Englischen Pfund Troygewicht = 453,59 Gramm (vergl. *Koback*, Maass- und Gewichtsbuch 1858), wonach ich die Reduction auf Kilogramm ausgeführt habe.

Grund vor, die von diesem ausgezeichneten Gelehrten aufgestellte Ziffer zu ändern, und werde ich daher das mittlere Körpergewicht mit ihm = 62,47 Kilogr. annehmen.

II. Von den Procentgewichten der Organe.

Nur bei wenigen Schriftstellern finden sich Angaben über die Procentgewichte der Organe, so dass die Bestimmung ihrer Mittelwerthe sehr schwierig ist. Um das fehlende Erfahrungsmaterial zu vervollständigen, glaubte ich diejenigen Untersuchungen benutzen zu dürfen, welche über das mittlere absolute Gewicht der einzelnen Körpertheile verlässlichen Aufschluss geben. In solchen Fällen berechne ich das Verhältniss des mittleren absoluten Gewichtes der Organe, zum mittleren Körpergewichte, welches ich nach *Quetelet* auf 62,47 Kilogr. schätze.

Wenn also beispielsweise *R. Wagner* das mittlere Gewicht des menschlichen Gehirnes im Mittel von 415 Fällen = 1339 Grammen fand, und wenn das mittlere Körpergewicht des Mannes, nach Tausenden von Erfahrungen, 62470 Gramm beträgt, so wird man unbedenklich annehmen dürfen, dass das mittlere Procentgewicht des Gehirns 2,213 Proc. betrage.[1])

Nach diesem Principe habe ich die mittleren Procentgewichte aus den sehr umfangreichen Untersuchungen von *Boyd*[2]) berechnet. Man könnte eine derartige Berechnung für unstatthaft halten, da *Boyd* nicht nur die einzelnen Organe, sondern auch die Körper im Ganzen gewogen, indess kann das Verhältniss der Organgewichte zu den Körpergewichten in seinen Versuchen nicht als massgebend gelten. *Boyd* arbeitete in einem Hospitale und untersuchte die Leichen von Individuen, die an Krankheiten verstorben und durch diese abgezehrt waren. Er erhielt daher, trotz seiner ausserordentlichen Vervielfältigung der Versuche,

---

1) Nicht unbemerkt bleibe, dass in allen Fällen, wo ein hinreichendes Erfahrungsmaterial vorliegt, die in der angegebenen Weise berechneten Procentgewichte, mit den durch vergleichende Wägung der Organe und der zugehörigen Körper direct gefundenen, sehr gut übereinstimmen. Diese Uebereinstimmung ist noch darum von grossem Interesse, weil sie die Richtigkeit der von *Quetelet* gegebenen Schätzung des Körpergewichtes darthut.

2) *Boyd* philos. Transact. for the year 1861, Vol. CLI. Ich benutze nur die Untersuchungen an erwachsenen Männern.

ein durchschnittliches Körpergewicht, welches hinter dem wahrscheinlichen Werthe desselben sehr weit zurückblieb. Dagegen stimmen seine Wägungen der Eingeweide mit denen der zuverlässigsten Beobachter sehr gut überein, was daraus erklärlich ist, dass die Abzehrung der Kranken fast ausschliesslich auf einem Schwinden des Fettes und der Muskeln beruht. Natürlich können Krankheiten auch eine Gewichtsabnahme innerer Organe veranlassen, aber nicht selten verursachen sie auch Gewichtszunahmen derselben, und im Grossen und Ganzen dürfte das Gewicht von Herz, Leber, Gehirn u. s. w. sich unter dem Einflusse der Krankheiten kaum ändern. Bei Benutzung der *Boyd*'schen Untersuchungen darf man also nicht das Gewicht der in ihrer Masse unveränderten Eingeweide mit dem Gewichte des abgezehrten Körpers vergleichen, sondern man muss, wenn man das mittlere Procentgewicht der Eingeweide sucht, das mittlere Gewicht dieser mit dem von *Quetelet* constatirten mittleren Körpergewichte in Verhältniss stellen. Die Richtigkeit dieses Rechnungsverfahrens wird sich im Nachfolgenden vielfältig bewähren.

Die von mir benutzten Untersuchungen *Blosfelds* sind an 36 männlichen Leichen angestellt, die unter 200 gegebenen Fällen als physiologisch normale betrachtet werden durften. Bei *Blosfeld* ist das Procentgewicht durch directe Beobachtungen ermittelt, d. h. durch Wägungen nicht blos der Organe, sondern auch der ganzen zugehörigen Körper. Dasselbe scheint für die zahlreichen Beobachtungen von *Hoffmann* und *Reid* zu gelten.

Leider habe ich bei meinen Berechnungen der mittleren Procentgewichte oft die Angaben der bewährtesten Forscher unbenutzt lassen müssen, weil sie die Zahl der Beobachtungen, auf welchen ihre Bestimmungen fussen, nicht angegeben haben. Wenn nämlich die verschiedenen Angaben zweier Beobachter zur Herstellung eines Mittelwerthes benutzt werden sollen, so kann es nicht ausreichen die von ihnen aufgestellten Werthe zu addiren und mit 2 zu dividiren, sondern man muss jeden der aufgestellten Werthe mit der Zahl der Beobachtungen, aus denen er abgeleitet ist, multipliciren und muss die Summe der beiden Producte mit der Summe der Beobachtungen beider Forscher dividiren. Denn da die Wahrscheinlichkeit eines Mittelwerthes mit der Zahl der Fälle, aus welchen er abgeleitet ist, wächst, so muss der Einfluss, den irgend welche Angabe auf die Bildung

des Mittelwerthes haben soll, der Zahl der Fälle, auf welchen er fusst, proportional gesetzt werden.

Ich habe also die Angaben der Anatomen und Aerzte, welche die Zahlen ihrer Beobachtungen unerwähnt lassen, nicht mit in Rechnung bringen können, habe aber gleichwohl eine Anzahl solcher Angaben, namentlich wenn sie von grösseren Autoritäten ausgehen, im Texte mit aufgenommen, weil es von Interesse ist zu sehen, wie weit sie mit den berechnenden Mittelwerthen übereinstimmen.

Die mittleren Procentgewichte von *Welcker*, welche sich auf 3 Beobachtungen stützen, includiren den von *E. Bischoff* untersuchten Fall [1]), den ich also nicht besonders aufführe.

Nach diesen allgemeinen Vorbemerkungen gehe ich zur Besprechung des Procentgewichtes der einzelnen Körpertheile über. Die Zahlenwerthe sind nur für erwachsene Männer gültig.

1. Skelett.

Welcker bestimmt, nach 3 Beobachtungen, das mittlere Procentgewicht auf 17,79%. Nach meinen Erfahrungen dürfte diese Angabe etwas zu hoch liegen. Untersucht man abgezehrte Leichen, und in der anatomischen Anstalt zu Halle sind diese vorwiegend, so erhält man begreiflicher Weise immer hohe Procentgewichte, bis 20%, während ich bei wohlgenährten Individuen nur 12—16% erhielt.

In 7 von mir untersuchten männlichen Leichen fanden sich folgende Werthe:

18,93%, 16,15%, 12,16%, 13,99%, 12,88%, 19,81%, 13,80%,
also im Mittel 15,38%,

wobei zu bemerken ist, dass ich im 2. und 7. Falle das Körpergewicht des Individuums nicht durch directe Wägung ermitteln konnte, sondern aus der Körperlänge, nach den Angaben *Quetelets* über das Verhältnisss der Schwere zur Länge, abzuleiten genöthigt war. In einer von dem älteren *Bischoff* ausgeführten, aber unvollständig gebliebenen Versuchsreihe, habe ich die fehlenden Gewichtsangaben durch wohlbegründete Mittelzahlen ersetzt und erhalte dann für das Skelett das Procentgewicht 17,9/%.

---

1) Zeitschrift für rationelle Med. 1863. S. 75.

Im Mittel von 11 Beobachtungen würde also das Procentgewicht des Skelettes für erwachsene Männer = 16,27 sein.

2. Die willkürlichen Muskeln.

Welcker, nach 3 Fällen	44,4%
A. W. Volkmann, 1 Beobachtung .	38,6 »

3. Das Herz.

Blosfeld, nach 36 Fällen . . .	0,568%
Boyd, nach 432 Fällen	0,516 »
Welcker, nach 3 Fällen	0,610 »
A. W. Volkmann, nach 4 Fällen .	0,623 »
E. H. Weber, 1 Beobachtung . .	0,541 »

Angaben, bei welchen die Zahl der Fälle nicht vorliegt.

C. F. T. Krause	0,487%
Todd (Cyclop. of anat.)	0,363 »
I. F. Meckel	0,500 »
Tiedemann	0,625 «
M. I. Weber	0,666 »
Clendenning	0,633 »
Reid	0,578 »

4. Das Gehirn.

Blosfeld, 36 Fälle	2,217%
Boyd, 414 Fälle	2,169 »
R. Wagner, 415 Fälle	2,213 »
Welcker, 3 Fälle	2,036 »
A. W. Volkmann, 2 Fälle . . .	2,036 »
Clendenning, 36 Fälle	2,131 »
Tiedemann, 39 Fälle	2,337 »
Sims, 78 Fälle	2,162 »
Reid, 126 Fälle	2,281 »
C. E. E. Hoffmann, 346 Fälle . .	2,199 »

Ohne Angabe der Beobachtungsfälle.

Krause	2,387%
Cyclopaed. of anat.	2,881 «

5. Fettgewebe.

Welcker, nach 3 Fällen . .	10,48%
A. W. Volkmann, 1 Fall . .	8,34 »

6. Lunge.

Blosfeld, 36 Fälle	1,769%
Boyd, 381 Fälle	1,882 »
Reid u. *Hutchinson*, 29 Fälle .	2,161 »
Hoffmann, 21 Fälle . . .	1,909 »
Welcker, 3 Fälle . , . .	2,030 »
A. W. Volkmann, 2 Fälle . .	1,868 »
E. H. Weber, 1 Fall . . .	1,989 »

Ohne Angabe der Versuchszahl.

Krause	2,168%
Huschke	1,173 »
Meckel	2,440 »

7. Leber.

Blosfeld, 36 Fälle	2,689%
Boyd, 414 Fälle	2,614 »
Welcker, 3 Fälle	2,550 »
A. W. Volkmann, 6 Fälle . .	2,647 »
E. H. Weber, 1 Fall . . .	3,450 »

Ohne Zählung der beobachteten Fälle.

Krause	3,118%
Huschke	3,333 »
Hoffmann	2,777 »
Meckel	2,440 »
Wilson	2,777 »

8. Milz.

Blosfeld, 36 Fälle	0,288%
Boyd, 414 Fälle	0,298 »
Welcker, 3 Fälle	0,310 »
A. W. Volkmann, 5 Fälle . .	0,353 »

Ohne Angabe der Versuchszahl.

Krause	0,416%
Huschke	0,476 »
Grey	0,278 »

9. Darmkanal.

Welcker, 3 Fälle	2,530%
A. W. Volkmann, 2 Fälle . .	2,832 »

10. Nieren.

Blosfeld, 36 Fälle	0,514%
Boyd, 421 Fälle	0,481 »
Welcker, 3 Fälle	0,500 »
A. W. Volkmann, 4 Fälle . .	0,569 »
E. H. Weber, 1 Fall . . .	0,830 »

Ohne Angabe der Beobachtungszahl.

Huschke	0,222%
Hoffmann	0,416
Clendenning	0,456

11. Haut.

Welcker, 3 Fälle	6,320%
A. W. Volkmann, 1 Fall . .	5,650 »

12. Pankreas.

Boyd, 408 Fälle	0,158%
Welcker, 3 Fälle	0,180 »
A. W. Volkmann, 3 Fälle . .	0,158 »

Ohne Angabe der Beobachtungszahl.

Hoffmann	0,112%
Meckel	0,250 »
Krause	0,144 »

13. Das Blut der grösseren Gefässe.

Zum Verständniss der vorstehenden Ueberschrift ist Folgendes zu bemerken:

Da ich die relative Menge der im menschlichen Körper enthaltenen Grundstoffe durch Summirung der in seinen einzelnen Theilen nachgewiesenen Elemente annäherungsweise zu ermitteln beabsichtige, so müsste ich, um meinen Zweck zu erreichen, die gesammte Blutmasse in Rechnung bringen. Dies wäre insofern auch ausführbar, als wir sowohl die mittlere Menge des Blutes, wie auch dessen Zusammensetzung annäherungsweise kennen und folglich auch die Quantitäten Wasser, Kohle, Stickstoff u. s. w., welche das Blut dem Körper liefert, mit leidlicher Genauigkeit berechnen können. Indess würde eine solche Rechnung doch zu falschen Resultaten führen, denn da sämmtliche Organe, deren Procentgewichte und quantitative Zusammensetzung wir untersuchen, noch beträchtliche Mengen von Blut enthalten, so würde letzteres doppelt in Rechnung gebracht, wenn wir bei Bestimmung des Procentgewichtes der Blutflüssigkeit, nicht die in den Organen restirende Masse in Abzug brächten. Ich glaube der Wahrheit ziemlich nahe zu kommen, wenn ich annehme, dass das Blut, welches bei Zergliederung des Körpers in den Organen zurückbleibt, die Hälfte der gesammten Blutmenge ausmacht. Da nun, nach den Versuchen von *Bischoff*, sich das Gewicht des Blutes zu dem des Körpers im Menschen wie 1 : 13 verhält, so beträgt das Procentgewicht der Blutmasse 7,692% und folglich das der halben Blutmasse, welches wir in Rechnung zu bringen haben, 3,846%.

In leidlicher Uebereinstimmung mit dieser Annahme sind Erfahrungen von *Welcker*. Derselbe sammelte in 3 Versuchen das Blut der grossen Gefässstämme (also das nicht in den Organen eingeschlossene) und fand für dieses im Mittel das Procentgewicht 3,290%. Dieser Werth ist ungefähr $1/_8$ kleiner als der, welchen ich für das nicht in den Organen zurückgehaltene Blut aufstelle. Ein solches oder doch ähnliches Minus musste aber erwartet werden, da es beim Sammeln des Blutes der grösseren Gefässe nicht wohl ohne Verluste abgehen konnte.

Nach Vorstehendem muss klar sein, was mit dem Blute der grösseren Gefässe gemeint ist, und wiederhole ich, dass das Procentgewicht desselben auf etwa 3,846% veranschlagt werden kann.

Ich will nun in nachstehender Tabelle, die aus allen brauchbaren Angaben abgeleiteten mittleren Procentgewichte übersichtlich zusammenstellen.

Tabelle I.

Organ.	Procent-gewicht.	Zahl der Beobachtungen.
Skelett	16,270	11
willkürliche Muskeln .	42,950	4
Herz	0,522	476
Gehirn	2,254	1455
Fettgewebe	9,945	4
Lungen	1,898	473
Leber	2,622	460
Milz	0,296	458
Darmkanal	2,660	5
Nieren	0,485	465
Haut	6,150	4
Pankreas	0,158	414
Blut der grösseren Gefässe	3,846	nach Schätzung.
Summa	90,056	

Es sind also 9,944$^0/_0$ des Körpers, im mittleren Gewichte 6212 Gramm, nicht in Untersuchung gekommen, wobei zu berücksichtigen, dass der Körper, auf welchen hier Bezug genommen, mit sammt den Secretions- und Excretionsstoffen gewogen ist, die nicht als Theile des Organismus selbst gelten können. Veranschlagen wir das Gewicht dieser Stoffe auf 800 Gramm, so würden für die unberücksichtigt gebliebenen Organe 5412 Gr. übrig bleiben.

Für 5 der von mir in Betracht gezogenen Organe ist die Zahl der angestellten Beobachtungen offenbar viel zu klein, um die aus ihnen abgeleiteten mittleren Procentgewichte hinreichend zu begründen, und da ich gerade diese Mittelwerthe zu meinen Rechnungen brauche, so wäre es ein grosser Uebelstand, wenn sie sich weit von der Wahrheit entfernten. Verschiedene Gründe lassen hoffen, dass erhebliche Fehler nicht vorkommen.

Ich bin im Stande gewesen für 7 Organe Procentgewichte aufzustellen, welche den wahren Mittelwerthen sehr nahe kommen müssen, weil sie auf einer sehr grossen Anzahl von Beobachtungen fussen. Bei Untersuchung dieser Organe haben *Welcker* und ich uns nur mit einer äusserst geringen Anzahl von Wägungen betheiligt. Wenn man aber aus diesen wenigen Wägungen ein mittleres Procentgewicht ableitet, so findet sich, dass

dasselbe mit dem aus der grossen Summe aller Beobachtungen entwickelten, in ziemlich befriedigender Weise übereinstimmt.

Um nur ein paar Beispiele anzuführen, so ist das mittlere Procentgewicht der Lunge, aus 473 Wägungen abgeleitet, 1,89% und nach 5 Wägungen von *Welcker* und mir 1,96%. Das Procentgewicht des Gehirns ist nach 1455 Wägungen 2,254; die 5 Wägungen von *Welcker* und mir ergaben 2,360. Das Procentgewicht der Leber beträgt nach 460 Beobachtungen 2,622 und nach den 9 Wägungen von uns Beiden 2,614! — Eine so weit gehende Uebereinstimmung der Zahlen ist auffallend, wenn man bedenkt, in welcher enormen Breite die Gewichte der Eingeweide schwanken und in welchem Masse demnach auch die Procentgewichte schwanken können, welche nur auf eine sehr kleine Anzahl von Versuchen basirt sind. Sicherlich hat *Huschke* bei Bearbeitung seiner Eingeweidelehre die Lunge viel öfter gewogen, als *Welcker* und ich zusammengenommen, und doch entfernt sich das aus unsern Beobachtungen abgeleitete Procentgewicht, von dem wahrscheinlichen Mittelwerthe desselben, erst in der zweiten Decimale (1,865 für 1,893), während das von *Huschke* erhaltene Procentgewicht sich zu dessen wahrscheinlichem Werthe wie 1,173 : 1,893 verhält! — Die bewundernswürdige Approximation der von *Welcker* und mir bestimmten Procentgewichte an deren plausibele Mittelwerthe kann auf nichts Anderem beruhen, als dass die Organe, welche wir wogen, zu Leichen gehörten, die zufällig den mittleren Gewichtsverhältnissen, d. h. denen, die im gesunden Körper zwischen den Organen obwalten, sehr nahe standen. Natürlich musste dann dieser glückliche Zufall auch den Fällen zu Gute kommen, wo die Bestimmung des mittleren Procentgewichtes ausschliesslich auf meine und *Welckers* Versuche begründet ist, und kann daher angenommen werden, dass auch die Procentgewichte, welche ich für die Muskeln, das Fettgewebe, den Darm, die Haut und das in den grösseren Gefässen enthaltene Blut, auf Grundlage unserer wenigen Versuche aufgestellt habe, den wahren Mittelwerthen nahe stehen.

An diese Betrachtung schliesst sich eine zweite. Die Summe sämmtlicher von mir constatirten Procentgewichte besagt, dass die in Untersuchung genommenen Organe und Gewebe 90,056% vom Körpergewichte betragen, woraus folgt, dass die nicht untersuchten Körpertheile 0,944% vom Körpergewichte ausmachen. Sind, wie ja leicht möglich, die Procent-

gewichte des Skelettes, der Muskeln, des Fettgewebes u. s. w. wegen Unzulänglichkeit der gegebenen Erfahrungen mit groben Fehlern behaftet, so wird voraussetzlich auch die Summe 90,056% und gleicherweise auch der Rest 100—90,056% = 9,944% falsch sein.

Aus meinen Mittheilungen folgt, dass 9,944% des Körpers, oder in benannten Zahlen 6212 Gr., nicht zur Untersuchung gekommen sind. Die von mir aufgestellten Procentgewichte können also nur dann Vertrauen beanspruchen, wenn gegen das Gewicht der nicht untersuchten Theile, angeblich 6212 Gr., keine Verdachtsgründe vorliegen. Wird aber die Annehmbarkeit dieser Ziffer in Frage gestellt, so ist zunächst zu bemerken, dass in den Untersuchungen über das mittlere Körpergewicht auch der Inhalt der Därme und der Harnblase, der Schleim und die Galle mit gewogen wurden, die, so weit sie Auswurfstoffe sind, nicht zu den Organen gerechnet werden können. Schätzen wir das Gewicht derartiger Stoffe auf 800 Gr., was nicht weit vom Wahren fallen dürfte, so haben wir für die nicht untersuchten Organe nur 6212 — 800 = 5412 Gr. zu beanspruchen. 1)

Die nicht untersuchten Körpertheile sind ausser den Haaren folgende: 1) die Zunge, 2) die Speicheldrüsen, 3) die Schilddrüse, 4) die Nebennieren, 5) die Harnblase mit prostata, 6) die

---

1) Es liegt nicht in meinem Plane, die vorstehende, nur ungefähre Schätzung näher zu begründen, doch glaube ich bemerken zu müssen, dass man nicht etwa den ganzen Darminhalt, der nach *Welckers* Untersuchungen gegen 1500 Gr. betragen dürfte, zu den Excreten rechnen darf, welche bei Gewichtsbestimmungen organischer Theile nicht mit zählen. Der Darminhalt, der im Magen- und Dünndarm die Consistenz eines sehr flüssigen Breies hat, besteht bei weitem zum grössten Theile aus Verdauungssäften, welche einer förmlichen Circulation unterliegen, indem sie unaufhörlich und massenhaft in den Darmkanal ergossen, aber auch unaufhörlich und zugleich mit den verdünnten Stoffen wieder resorbirt werden. Daher kommt es, dass im Mastdarme, wo die Resorption ihre Aufgabe bereits gelöst hat, der Darminhalt die festere Consistenz und excrementelle Beschaffenheit annimmt, welche dem ausgeschiedenen Kothe eigenthümlich ist. Es ist klar, dass jene circulirenden Säfte nicht minder zum Organismus gehören, wie Blut und Lymphe. Da nun, unter normalen Verhältnissen, der grösste Theil der genossenen Nahrung binnen 24 Stunden wieder entleert wird, so kann die Menge der wirklichen Auswurfstoffe im Darme nicht viel grösser sein, als die Quantität des im Verlaufe eines Tages entleerten Kothes, welche nach zahlreichen Erfahrungen kaum 200 Gr. beträgt.

Hoden, 7) der Kehlkopf, 8) die grossen Gefässstämme, 9) das Rückenmark und die grossen Nervenstämme, 10) die Augen, 11) die Thränendrüsen, 12) die Ohren- und Nasenknorpel, 13) die Fascien, 14) die Ligamente, 15) die Luftröhre, 16) die äussern Geschlechtstheile, 17) die hautigen Hüllen des Gehirns und Rückenmarks, 18) die serösen Säcke, unter welchen das Gekröse namentlich ins Gewicht fällt, 19) der weiche Gaumen, nebst den anhängenden Häuten, welche Mund- und Nasenhöhle auskleiden.

Nun fehlt freilich jeder Beweis, dass das mittlere Gewicht aller dieser Theile gerade 5412 Gr. betrage, indess ist für meine Bestimmung der Procentgewichte schon vortheilhaft, dass gegen Annahme dieses Werthes ein greifbares Bedenken nicht vorliegt. *E. Bischoff* hat von den genannten 19 Körpertheilen, die in meinen Untersuchungen unberücksichtigt geblieben sind, die 12 ersten gewogen und fand das Gewicht derselben bei einem kräftigen Manne 1301 Gr. Nun müssten die unter 13—19 aufgezählten 7 Körpertheile weit mehr, nämlich 5412 — 1301 = 4111 Gr. wiegen, was, in Betracht ihrer geringen Anzahl, zunächst Bedenken erregen könnte. Bei näherer Erwägung wird man indess finden, dass die letzten 7 Nummern bei weitem die schwerwiegendsten Organe enthalten. Nach 3 Wägungen *Welckers* beträgt das Gewicht des Gekröses allein gegen 1000 Gr. Voraussichtlich werden die Brustfelle und der Herzbeutel nicht viel weniger, die Fascien und die Ligamente dagegen mehr wiegen, und dürfte daher das, dem Körperreste zugeschätzte Gewicht von 5412 Gr. seinem Mittelwerthe wohl ziemlich nahe stehen.

Nach allem Mitgetheilten glaube ich, dass die von mir aufgestellte Tabelle der mittleren Procentgewichte keine groben Fehler enthalte, verkenne indess nicht, dass meine Angaben wegen lückenhafter Beobachtungen gar sehr der Bestätigung bedürfen. Auch will ich schliesslich auf eine Fehlerquelle meiner Untersuchungen ausdrücklich aufmerksam machen, die nicht zu unterschätzen ist, nämlich auf die Gewichtsverluste, die während der zeitraubenden Präparation der Organe durch Verdunstung entstehen müssen.

III. Von dem Wassergehalte der Organe.

Die Angaben der Autoren über den Wassergehalt der Organe gehen sehr weit auseinander, was theilweise von den wirk-

lich vorhandenen Schwankungen der Wassermenge, theilweise von der Schwierigkeit sie zu bestimmen abhängt.

Organische Substanzen trocknen sehr schwer vollständig und sind daher genaue Bestimmungen der Wasserprocente nur bei Trocknung kleiner Gewichtstheile möglich. Da nun, in den weitverbreiteten Geweben wenigstens, nicht jedes einzelne Theilchen eben so viel Wasser enthält wie das andere (Differenzen, die sich in den Knochen sehr geltend machen), so können nur Versuche mit sehr vielen Theilchen eines und desselben Organes Aufschluss über den Wassergehalt dieses einen, und nur wiederholte derartige Versuche an vielen Individuen einen zuverlässigen Mittelwerth für den Wassergehalt des Organes im Allgemeinen geben.

Es war eine sehr unglückliche Massnahme *Chaussiers*, zur Bestimmung des Wassergehaltes die ganze Leiche eines 60 Kilogr. schweren Mannes im Backofen zu trocknen, und verstehe ich nicht, wie der treffliche *Claude Bernard*, auf Grundlage dieses Versuches, die Wassermenge des menschlichen Körpers auf 90% veranschlagen konnte.[1]) Diese Angabe greift offenbar viel zu hoch, da selbst das Blut nur ungefähr 79% Wasser enthält. *Chaussier* hat zwar den nahe liegenden Einwurf, dass er den Leichnam verkohlt, ausdrücklich abgewiesen, aber, selbst wenn er sich auf die Benutzung der Siedehitze beschränkt hätte, ist anzunehmen, dass ein grosser Theil des geschmolzenen Fettes bei einem so rohen Verfahren verloren gegangen und einen grossen Theil des Gewichtsverlustes der Leiche verursacht habe.

In meinen Versuchen sind die Gewichtsverluste, welche durch das Verdunsten des Wassers und durch das Ausschwitzen des Fettes entstehen, sorgfältig auseinander gehalten worden. In manchen Organen, welche einer Temperatur von 100—120° Cels. ausgesetzt werden, tropft das Fett massenhaft ab und kann in untergestellten Gefässen aufgefangen und gewogen werden. In minder fettreichen Körpertheilen und bei Knochen, in späteren Stadien der Trocknung, findet dies zwar nicht statt, aber das schmelzende Fett tritt an deren Oberfläche, bleibt an den Unterlagen hängen und geht, wenn nicht besondere Vorsichtsmassregeln ergriffen werden, verloren. Unter solchen Umständen

1) *C. Bernard*, sur les propriétés physiologiques des liquides de l'organisme I. 80.

benutze ich absolut trockene Bogen von Löschpapier, deren Gewicht ich kenne, als Unterlagen beim Trocknen, wo dann das Papier das ausschwitzende Fett aufnimmt und constatire durch Gegenwägung wie viel dieses im Gewicht zugenommen, und folglich, wie viel Fett ausgeschieden worden.

Bei Untersuchung der Eingeweide habe ich folgendes Verfahren eingeschlagen. Ich zerschneide das Organ, beispielsweise die Leber, in eine Menge kleiner Stücke, wobei das in den grösseren Gefässen enthaltene Blut zum Vortheil des Versuches abläuft. Unmittelbar nach dieser Operation wäge ich das Ganze, um Gewichtsverluste durch Verdunstung zu vermeiden und lasse wiederum das Ganze erst lufttrocken werden, ehe ich zur Benutzung der Siedehitze übergehe. Die von mir gewonnenen Wasserprocente gelten daher nicht blos für Theile eines Organes, sondern für das Ganze. Aber freilich hat diese zweckmässige Versuchsmethode nicht überall in Anwendung kommen können, worüber im Nachfolgenden noch Weiteres zu berichten ist.

Eine wichtige Arbeit über den Wassergehalt des menschlichen Körpers verdanken wir *E. Bischoff*, wichtig deshalb, weil von einem und demselben Körper die Wasserprocente aller irgend bemerkenswerthen Theile constatirt wurden.[1] Hiermit ist ein werthvoller Einblick in den relativen Wassergehalt der verschiedenen Organe und Gewebe geboten. Ich will *Bischoffs* Tabelle vollständig vorlegen, da ich durch die Güte des Verfassers in den Stand gesetzt bin einige Unrichtigkeiten, welche sich in dem ersten Abdrucke vorfinden, zu verbessern. Mit Berücksichtigung der erforderlichen Correcturen gestalten sich die Verhältnisse nach *Bischoff* wie folgt:

Organ.	das ganze Gewicht in Gr.		Wassergehalt d. Organs.	
	frisch.	trocken.	absolut.	in %
Skelett . . .	11080,0	8637,636	2442,364	22,04
Muskeln . . .	29102,0	7079,935	22022,065	75,67
Zunge . . .	94,1	25,266	68,834	73,15
Schlundkopf . .	91,7	17,457	74,243	80,96
Magen . . .	183,0	33,745	149,255	81,56
Dünndarm . .	713,0	189,751	523,249	73,38

1) *E. Bischoff*, Einige Gewichts- und Trockenbestimmungen etc. Zeitschr. für rationelle Med. 1863, S. 75.

Organ.	das ganze Gewicht in Gr. frisch.	trocken.	Wassergehalt d. Organs. absolut.	in %
Dickdarm . .	312,0	83,292	228,708	73,30
Mastdarm . .	58,0	15,484	42,516	73,30
parotis . . .	39,0	12,542	26,758	68,09
gland. submax. et lingualis .	22,9	4,958	17,948	78,38
Leber	1576,6	500,588	1076,012	68,25
Pankreas . . .	89,7	15,595	74,105	82,61
Milz	131,3	31,814	99,486	75,77
Schilddrüse . .	45,8	11,190	34,610	75,87
Nieren . . .	259,0	44,867	214,133	82,68
Nebennieren . .	8,6	3,541	5,059	58,83
Harnblase . .	193,0	44,861	148,139	76,76
Prostata . . .	20,5	3,689	16,811	82,01
Hoden . . .	90,0	12,735	77,265	85,85
Kehlkopf . . .	47,7	15,275	32,425	67,97
Lungen . . .	475,0	99,945	375,055	78,96
Herz	332,2	69,075	263,125	79,21
Gefässstämme .	361,0	94,463	266,557	73,83
Gehirn . . .	1370,0	343,048	1026,952	74,96
Rückenmark .	33,3	10,079	23,221	69,73
Nervenstämme .	290,3	120,960	169,337	58,33
Augen . . .	13,0	1,690	11,310	87,00
Thränendrüse .	1,1	0,205	0,895	81,36
Ohren-, Nasen-Knorpel . .	41,0	12,387	28,613	69,79
Haut	4856,0	1356,545	3493,455	72,03
Fettgewebe . .	11570,0	8809,433	3760,567	29,92
Galle	21,9	3,066	18,834	86,00
Harn	146,0	10,220	135,780	93,00
Blut der grössern Gefässe . .	3418,0	581,060	2836,940	83,00

Da sämmtliche Körpertheile im frischen Zustande 68081 Gr., getrocknet dagegen 28295 Gr. wogen, so sind 39786 Gr. beim Trocknen verdunstet, welche für den erwachsenen männlichen Körper 58% Wasser ergeben.

Ich bin geneigt anzunehmen, dass diese Angabe merklich hinter dem Mittelwerthe zurückbleibe. Aus meinen Ver-

suchen ergiebt sich, dass *Bischoff* die Wasserprocente der Knochen bedeutend unterschätzt, und da das Skelett über 16% vom Körpergewichte ausmacht, so müsste in Folge jenes Irrthumes der Wassergehalt des ganzen Körpers sich merklich zu klein herausstellen. Hierzu kommt noch, dass *von Bezold*, in seinen Untersuchungen über die Wassermenge im Thierkörper, bei Säugern 70% erhielt, womit Versuche von *Bidder* und *Schmidt* an einer Katze sehr gut übereinstimmen. Näheres hierüber ergiebt sich aus den Versuchen, welche ich nachstehend vorlege.

1. Wassergehalt der Knochen.

Bischoff hat den Wassergehalt der Knochen, angeblich 22,04%, nicht selbst bestimmt (a. a. O. S. 114), sondern hält sich an Untersuchungen, welche Herr *Dr. Friedleben* an vier Knochen eines 37 Jahre alten Mannes angestellt hatte. In Ermangelung weiterer Erfahrungen hat *Bischoff* die aus 4 Beobachtungen abgeleiteten Wasserprocente auf das ganze Skelett übertragen. Eine derartige Uebertragung ist aber sehr unzuverlässig, nicht nur, weil hier auch die Beobachtungsfehler vom Theile auf das Ganze übergehen, sondern hauptsächlich, weil der Wassergehalt der einzelnen Knochen um mehr als das Doppelte verschieden ist. Meine Angaben über den Wassergehalt der Knochen stützen sich auf Hunderte von Beobachtungen und habe ich unter Anderem an 3 Leichen alle Knochen ohne Ausnahme einer Untersuchung unterworfen.

Ich verweise in Bezug auf Einzelnheiten auf meine Abhandlung über die Zusammensetzung der menschlichen Knochen und beschränke mich auf die Mittheilung des für die gegenwärtige Arbeit Unentbehrlichen.

In der Leiche eines 45jährigen, sehr abgemagerten Mannes wogen sämmtliche Knochen im frischen Zustande 8407 Gr., getrocknet dagegen 3892, woraus sich ein Wassergehalt von 53,7% ergiebt.

In der Leiche eines schwindsüchtigen Mannes wogen die frischen Knochen 9025 Gr., die getrockneten 4056 Gr., so dass sich in diesem Falle die mittlere Wassermenge auf 55% beläuft.

In der Leiche eines wohlbeleibten Selbstmörders von 38 Jahren betrug das Gewicht der frischen Knochen 7861, das der trockenen 3759 Gr., woraus sich 30,8% Wasser berechnen.

Da sich in diesen 3 Versuchsreihen gefunden hatte, dass

sich der mittlere Wassergehalt der sämmtlichen Knochen einer unteren Extremität, von dem Wassergehalte des ganzen Skelettes nicht erheblich unterscheidet, so beschränkte ich mich in einer 4. Versuchsreihe auf Untersuchung der Knochen des Beines.

Bei einem 46jährigen, sehr mageren Manne wogen die frischen Knochen der unteren Extremität 2039 Gr., die getrockneten dagegen 916 Gr., und kommen wir hiermit nochmals auf 55% Wasser.

Der mittlere Wassergehalt der Knochen ist also auf Grundlage von 4 Versuchsreihen

$$\frac{53,7 + 55,0 + 30,8 + 550}{4} = 48,6\%,$$

in runder Summe 50%.

Allerdings sind selbst die zahlreichen Beobachtungen, die ich angestellt habe, zur Begründung eines zuverlässigen Mittelwerthes nicht ausreichend und habe ich daher die von mir aufgestellte Ziffer noch einer weiteren Controlle unterworfen.

Nach 13 Versuchsreihen, die ich an der Schädeldecke (calotte) angestellt habe, beträgt der mittlere Wassergehalt dieser compacten und relativ besonders wasserarmen Knochen 23,1%. Die Schädeldecke der 1. Leiche, deren Skelett, wie angegeben, 53,7% Wasser enthielt, ergab aber nur 21,7% Wasser und stand demnach unter dem Mittelwerthe.

Dies bestätigt nun einigermassen meine obige Angabe, nach welcher sich der mittlere Wassergehalt des menschlichen Skelettes in runder Summe auf 50% herausstellte. Wir werden nämlich annehmen dürfen, dass eine Schädeldecke, welche bezüglich ihres Wassergehaltes unter dem Mittelwerthe bleibt, zu einem Individuum gehöre, dessen Skelett den ihm zukommenden mittleren Wassergehalt nicht merklich übersteigt, und ist hiernach wahrscheinlich, dass der Wassergehalt von 53,7%, welchen wir in der ersten Leiche ermittelten, dem Mittelwerthe nahe stehe.

2. Wassergehalt der willkürlichen Muskeln.

Beim Trocknen der Muskeln habe ich die Vorsicht gebraucht, die grösseren in schmale Streifen zu zerschneiden. Da es nicht wohl möglich war alle Muskeln eines und desselben Körpers zu untersuchen, so habe ich wenigstens Muskeln aus den verschiedensten Körperregionen in Anwendung genommen. Diese Mass-

nahme dürfte zur Erzielung brauchbarer Mittelwerthe ausreichen, da der Wassergehalt der Muskeln nur unbedeutenden Schwankungen unterliegt.

Muskeln einer wohlgenährten männlichen Leiche.

Muskel.	frisch.	trocken.	Wasserproc.
sternocleidomast. .	14,54 Gr.	3,33 Gr.	77,1%
biceps	25,99 »	5,96 »	77,1 »
supinator long. .	17,53 »	3,92 »	77,6 »
sartorius . . .	38,12 »	9,63 »	74,7 »
gastrocnemius .	59,00 »	14,43 »	75,5 »
masseter . . .	9,10 »	2,41 »	73,6 »
Summa	164,28 Gr.	39,68 Gr.	Mittel 75,8%

In einer zweiten, viel ausgedehnteren Versuchsreihe waren die Ergebnisse sehr ähnliche.

Muskeln.	frisch.	getrocknet.	Wasserproc.
sartorius . . .	46,55 Gr.	8,82 Gr.	81,0%
tensor fasciae . .	56,92 »	12,99 »	77,2 »
gracilis	38,35 »	7,37 »	80,8 »
cruralis	81,10 »	18,38 »	77,3 »
semimembran. . .	60,82 »	13,33 »	77,9 »
adductor parvus .	39,20 »	8,37 »	78,4 »
rectus abdominis .	56,92 »	12,99 »	77,2 »
obliquus descend. .	21,91 »	4,81 »	78,0 »
biceps brachii . .	40,85 »	8,00 »	80,4 »
flexor carpi rad. .	19,66 »	4,11 »	79,0 »
abduct. poll. long.	15,93 »	3,53 »	77,8 »
latissimus dorsi .	28,48 »	6,20 »	78,2 »
levator scapulae .	31,27 »	6,48 »	79,3 »
Summa	520,76 Gr.	110,42 Gr.	Mittel 78,8%

In einer dritten Versuchsreihe, in welcher 7 verschiedene Muskeln geprüft wurden, erhielt ich im Mittel 77%. *Bischoff* hat bei Untersuchung der Muskeln einer robusten männlichen Leiche im Mittel 75,67% Wasser erhalten; *Lehmann* 76,59%.

Der Wassergehalt der willkürlichen Muskeln beträgt also nach 5 Versuchsreihen 77%.

3. Wassergehalt des Herzens.

Das Herz ist etwas wasserreicher, als die der Willkür unterworfenen Muskeln. Ich erhielt im Mittel von 3 Versuchsreihen 79,33%, was sehr genau mit *Bischoffs* Angabe übereinstimmt, welcher 79,21% verzeichnet. Hiernach kann 79,3% als Mittelwerth gelten.

Ich will noch bemerken, dass *Pfaff* im Herzen eines Ochsen 79,17% Wasser vorfand, *Ranke* im Herzen des Kaninchens 80%.

4. Wassergehalt des Gehirns.

Ueber den Wassergehalt des menschlichen Gehirnes besitzen wir sehr gründliche Untersuchungen von *Hauff* und *Walther*. Dieselben fanden in 12 Beobachtungen an den verschiedensten Hirntheilen, im Mittel 78,39%. *Bischoff* notirt in dem von ihm beobachteten Falle nur 74,96%, ein Werth, der hinter dem mittleren wahrscheinlich zurückbleibt.

Ich benutzte in einer ersten Untersuchung 156,48 Gr. einer grossen Hemisphäre, welche getrocknet 35,02 Gr. wogen, was auf einen Wassergehalt von 77,6% hinweist. In einer zweiten Versuchsreihe wurden 206,68 Gr. frische Hirnmasse verwendet, welche aus 8 verschiedenen Regionen des Gehirnes entnommen war und in welcher weisse und graue Substanz sich ungefähr das Gleichgewicht hielten. Die zahlreichen kleinen Stücke wurden bei 110° Cels. getrocknet und wogen dann 39,96 Gr., woraus sich der Wassergehalt auf 80,86% berechnet.

Zieht man aus allen diesen Erfahrungen das Mittel, so erhält man 77,9% Wasser.

5. Wassergehalt des Fettgewebes.

Die Bestimmung der Wassermenge im Fettgewebe unterliegt so vielen Schwierigkeiten, dass die Aufstellung eines wohlbegründeten Mittelwerthes wohl noch lange unmöglich sein wird.

Zunächst schwankt der Wassergehalt, nach Massgabe von Fettleibigkeit und Magerkeit des Körpers, sehr bedeutend, und würden die mühseligen und zeitraubenden Versuche ausserordentlich vervielfältigt werden müssen, um die Ableitung eines gerechtfertigten Mittelwerthes möglich zu machen.

Eine noch grössere Schwierigkeit liegt aber in dem Mangel fester Grenzen zwischen Zellgewebe und Fettgewebe. Da das Fettgewebe nichts anderes als Zellgewebe mit eingelagerten

Fettzellen ist, und da letztere im Zellgewebe nur selten ganz fehlen, so hängt es im Grunde von der Willkür des Anatomen ab, wie weit er beim Präpariren des Fettgewebes in das Zellgewebe hinübergreift. Je mehr man von dem Zellgewebe, mit Rücksicht auf die immerhin vorhandenen Fettzellen, zum Zellgewebe rechnet, um so weniger enthält die gesammelte Substanz Fett und um so mehr Wasser. Auch *Schultze* und *Reinecke* haben in ihrer ausgezeichneten Arbeit über die Fette [1]) hervorgehoben, dass der Wassergehalt des Fettes in einer unverkennbaren Beziehung zu der Menge der in ihm enthaltenen Membrane stehe.

Bischoff hat nach seinen Untersuchungen in einem robusten Manne den Wassergehalt des Fettes zu 29,92% angegeben.

Ich selbst habe 670,86 Gr. Fett, welche etwa $^1/_5$ vom panniculus adiposus einer männlichen Leiche ausmachten, in der Siedehitze getrocknet und habe dabei nur 12,2% Wasser erhalten. Der auffallende Unterschied der von *Bischoff* und mir gefundenen Werthe wird grösstentheils darauf beruhen, dass in meinen Versuchen am panniculus adiposus ein sehr fettreiches und eben deshalb wasserarmes Gewebe zur Verwendung kam, während *Bischoff* vielleicht umgekehrt mit Gewebetheilen zu thun hatte, die arm an Fett, aber reich an Wasser waren. Hiernach liegt nahe anzunehmen, dass *Bischoffs* Angabe zu hoch, die meine dagegen zu niedrig ist.

Schultze und *Reinecke* haben den Wassergehalt des Menschenfettes leider nicht berücksichtigt, indess ergiebt sich aus ihren Untersuchungen eine so auffallende Uebereinstimmung zwischen der Zusammensetzung der Fettarten verschiedener Hausthiere und der des Menschen, dass ihre Erfahrungen über den Wassergehalt des Fettes bei Thieren auf den Wassergehalt des menschlichen Körpers in der That einiges Licht werfen. Die Verfasser fanden

beim Hammel	4,45%	—	20,84%
beim Rinde .	4,84 »	—	30,85 »
beim Schwein	2,61 »	—	9,89 »

also im Mittel aller Versuche etwa 12,27%, eine Zahl, die zu dem von mir gefundenen Wassergehalte im Menschenfette sehr gut passt und insofern wahrscheinlich macht, dass die von *Bischoff* aufgestellte Ziffer mit 29,92% zu hoch greift.

1) Annal. für Chemie u. Pharm. Bd. CXLII. S. 191.

Die Aufstellung eines hinreichend gerechtfertigten Mittelwerthes für den Wassergehalt des Fettes ist vorläufig nicht möglich. Indess ist nach dem Plane meiner Arbeit die Aufstellung einer bestimmten Zahl unentbehrlich, und so will ich bis auf besseren Nachweis 15% Wasser im Fettgewebe annehmen.

6. Wassergehalt der Lungen.

Bischoff fand in der menschlichen Lunge 78,96% Wasser.

In einem von mir angestellten Versuche wogen die Lungen einer männlichen Leiche frisch 845,7 Gr., getrocknet dagegen 198,15 Gr. und enthielten daher 76,56% Wasser. In einem zweiten Versuche wog die linke Lunge einer männlichen Leiche frisch 390,90 Gr., vollständig getrocknet 63,86 Gr. und enthielt hiernach 83,68% Wasser. In einem dritten Falle wog der eine Lungenflügel frisch 275,72 Gr., getrocknet 62,42 Gr. und enthielt also 77,36% Wasser. Im Mittel von 4 Beobachtungen, welche zwischen 76,56 und 83,68% schwanken, enthielt also die Lunge 79,14% Wasser.

7. Wassergehalt der Leber.

Bischoff fand in der Leber eines robusten Mannes 68,25% Wasser.

Nach einem Versuche von mir wog die Leber eines Mannes frisch 1596,5 Gr., getrocknet 491,2 Gr., woraus sich 68,66% Wasser berechnen. — In einer weiblichen Leiche wog die Leber frisch 960,5 Gr., getrocknet 270,05 Gr. und enthielt demnach 71,88% Wasser.

Ich besitze nur diese 3 Beobachtungen, welche indess wenig schwanken, so dass der aus ihnen abgeleitete Mittelwerth von 69,60% Wassergehalt nicht weit vom Wahren fallen dürfte.

8. Wassergehalt der Milz.

Nach *Bischoff* beträgt der Wassergehalt 75,77%.

Hiermit in grosser Uebereinstimmung ist eine Beobachtung, die ich an einer männlichen Leiche anstellte. Die Milz wog frisch 157,15 Gr., getrocknet 38,93 Gr. und enthielt also 75,24% Wasser. Hierzu passt auch eine zweite Beobachtung an einer Frauenleiche. Die Milz wog frisch 92,85 Gr., getrocknet 23,33, aus welchen Wägungen sich der Wassergehalt auf 74,87% berechnet. — In einer andern Frauenleiche war der Wassergehalt

merklich grösser. Die Milz wog frisch 166,45 Gr., getrocknet 32,44 Gr. und enthielt hiernach 80,51% Wasser.

In den 4 beobachteten Fällen schwankt der Wassergehalt mässig, zwischen 74,78 und 80,51%, und stellt sich der Mittelwerth auf 76,59%.

9. Wassergehalt des Darmkanales.

Bischoff untersuchte nicht den Wassergehalt des Darmes im Ganzen, sondern den seiner Theile, des Schlundkopfes, Magens, Dünndarmes, Dickdarmes und Mastdarmes im Einzelnen, wobei sich auffallende Schwankungen, zwischen 73,3 und 81,56%, herausstellten. Indess wogen alle jene Theile zusammengerechnet im frischen Zustande 1357,7 Gr., getrocknet 339,7 Gr. und geben also für den Darmkanal im Ganzen 74,98 % Wasser.

Ich habe Folgendes gefunden: In einer männlichen Leiche wog der Darmkanal vom Magen bis zum Dickdarm frisch 389,63 Gr., getrocknet 86,65 Gr. und enthielt also 77,76% Wasser. — In einer weiblichen Leiche wog der ganze Darm frisch 795 Gr., getrocknet 211,91 Gr., woraus sich ein Procentgewicht von 73,35 Wasser berechnet. In einer männlichen Leiche wog der ganze Darmkanal frisch 1182,7 Gr., trocken 288,1 Gr., also Wassergehalt 75,64%. In einem gleichen Falle das Gewicht des frischen Darmes 1401,51 Gr., das getrocknete 237,79 Gr., Wassergehalt 83,03%. In einem fünften von mir untersuchten Falle wurde nicht der Darm im Ganzen, sondern nur 404,3 Gr. desselben, aber aus den verschiedensten Regionen desselben untersucht, wobei sich ein Wassergehalt von 83,13% herausstellte.

Zieht man aus diesen 6 Beobachtungen das Mittel, so erhält man 77,98% Wasser, (bei Schwankungen zwischen 73,35 und 83,13%.

10. Wassergehalt der Nieren.

Die Nieren des Menschen enthalten nach *Bischoffs* Untersuchungen 82,68% Wasser.

Bei mir wogen die Nieren eines männlichen Körpers frisch 275,20 Gr., trocken 44,58 Gr. und enthielten 82,80% Wasser. In einem zweiten Falle wog eine Niere frisch 146,44 Gr., getrocknet 22,43 Gr. und enthielt 84,87% Wasser. Legt man die 3 unter einander wenig verschiedenen Beobachtungen zusammen, so erhält man einen mittleren Wassergehalt von 83,45%.

11. Wassergehalt der Haut.

Bischoff fand in der menschlichen Haut 72,03% Wasser. Anlangend meine eigenen Versuche, so wogen 3 Hautlappen, welche ich vom Bauche, von einem Oberschenkel und vom Kopfe abpräparirt hatte, frisch 329,02 Gr., getrocknet 106,38 Gr., was auf einen Wassergehalt von nur 67,67% führen würde. Indess war das Trocknen in einer Temperatur ausgeführt worden, welche sich nie bis zur Siedehitze erhob, und ist daher wahrscheinlich, dass das Wasser nicht vollständig verdunstet und das aufgestellte Procentgewicht desselben etwas zu niedrig ist. — In einem zweiten Falle wurden 190,35 Gr. Haut aus verschiedenen Körperregionen entnommen. Das Gewicht derselben verminderte sich durch Austrocknung auf 52,92 Gr., woraus sich, fast genau wie bei *Bischoff*, 72,20% Wasser ergeben. — In einem dritten Falle enthielten 533,74 Gr. verschiedener Hautstücken 68,11% Wasser.

Im Mittel der 4 Versuchsreihen betrug der Wassergehalt 70%, doch dürfte dieser Werth mit Rücksicht auf die bei meinem ersten Versuche obwaltenden Bedingungen eher zu klein, als zu gross sein.

12. Wassergehalt des Pankreas.

Der Wassergehalt des menschlichen Pankreas ist von *Bischoff* mit 82,61% notirt worden.

Ich selbst fand in 8 Fällen folgende Verhältnisse.

Nr.	Gewicht. frisch.	Gewicht. trocken.	Wasserproc.
1.	70,00 Gr.	23,91 Gr.	65,84
2.	75,01 »	11,11 »	85,19
3.	63,13 »	16,45 »	73,94
4.	95,09 »	18,52 »	80,52
5.	37,67 »	9,09 »	75,87
6.	82,00 »	17,17 »	79,06
7.	63,83 »	11,10 »	82,61
8.	77,21 »	14,12 »	81,71

Im Mittel vorstehender 9 Versuche beträgt der Wassergehalt des Pankreas 78,6%.

13. Wassergehalt des Blutes.

Kann nach den wenig schwankenden Angaben der verschiedenen Forscher in runder Summe zu 79% geschätzt wer-

den. So beträgt der Wassergehalt des Blutes nach *Le Canu* 79,04%, *Denis* 80,9%, *N. Nasse* 79,3%, *Richardson* 78,6%, *Gorup-Besanez* 79,06%, *Bequerel* und *Rodier* 77,99% u. s. w.

Schlussbetrachtungen.

Wenn man die Resultate der vorstehenden Untersuchungen kurz zusammenfasst, so ergiebt sich:

1. Alle Gewebe des menschlichen Körpers enthalten ansehnliche Wassermengen; das Fettgewebe am wenigsten (etwa 15%) und nach ihm die Knochen (gegen 50%).

2. Wenn man von den Knochen und dem Fettgewebe absieht, so ergeben sich für die übrigen Körpertheile nur sehr mässige Verschiedenheiten im Wassergehalte. Gewöhnlich findet man 70—80% Wasser, und unter normalen Verhältnissen schwankt der Wassergehalt eines und desselben Organes wohl kaum um 10%, also etwa um $^1/_8$—$^1/_7$ der gesammten Wassermenge.

3. Im Knochengewebe unterliegt der Wassergehalt ausserordentlichen Schwankungen, zwischen 22 und 69%, also um mehr als das Dreifache des Gewichtes. Es hat sich gefunden, dass diese Schwankungen einerseits von der Struktur der Knochen, andererseits von der Fettleibigkeit der Individuen abhängen. In den schwammigen Knochen ist der Wassergehalt grösser, als in den dichten und in den Knochen magerer Personen viel grösser, als in denen fetter.

4. Im Fettgewebe sind die Schwankungen des Wassergehaltes ebenfalls sehr bedeutend und beruhen darauf, dass das Fettgewebe nichts Anderes als wasserreiches Zellgewebe, plus wasserlosem Fette ist. Das Fett entwickelt sich im Zellgewebe im verschiedensten Masse und je mehr sein Procentgewicht steigt, um so mehr muss das des Wassers fallen.

5. Gewisse Körpertheile, namentlich die Nieren, enthalten mehr Wasser als das Blut. Das Paradoxon, dass von zwei wasserhaltigen Körpern der feste mehr Wasser enthalte als der flüssige, löst sich leicht durch folgende Betrachtung: Wenn man Blut gerinnen lässt, so entsteht ein fester Körper, der eben so viel Wasser enthält, als das Fluidum, aus dem er entstanden ist. Hat man aber das Blut mit Wasser vermischt, so kann es dennoch gerinnen und der so entstandene feste Körper enthält mehr Wasser, als normales Blut enthält.

IV. Quantitative Analyse der trockenen Gewebe und Organe.

Ich glaube wiederholen zu müssen, dass alle meine Analysen sich auf die Bestimmung des Kohlenstoffes, Wasserstoffes, Stickstoffes, Sauerstoffes und der Asche beschränken. Es ist also von der Bestimmung des Schwefels und Phosphors abgesehen worden. Indem nun Diese nicht mit in Rechnung gebracht werden und das Procentgewicht des Sauerstoffes nicht direct bestimmt, sondern aus dem gegebenen Verluste gefolgert wird, so kann der für den Sauerstoff berechnete Werth nicht ganz genau sein. Sind Schwefel und Phosphor bei der Verbrennung verdunstet, so wird durch ihr Verschwinden die Ziffer des Verlustes und folglich auch das ihm gleichgesetzte Gewicht des Sauerstoffes vergrössert. Haben sich dagegen schwefel- und phosphorsaure Salze gebildet, so kann eine Oxydation auf Kosten des Sauerstoffes der organischen Substanz stattgefunden haben, wo dann der für den letzteren notirte Werth zu klein ausfällt. Da diese Fehler an sich nicht gross sind und bei Untersuchung verschiedener Organe, dadurch, dass sie auf entgegengesetzte Seiten fallen, sich mehr oder weniger ausgleichen, so dürfte meine in Aussicht genommene Berechnung der totalen Sauerstoffmenge des Körpers durch die eben erwähnten Ungenauigkeiten kaum berührt werden.

Ungeübt in chemischen Versuchen, konnte ich die Ausführung der quantitativen Analysen nicht selbst übernehmen, habe aber, weil das zur Zeit vorliegende Material für meine Bedürfnisse bei weitem nicht ausreicht, vielfältig zu neuen Versuchen Veranlassung und Gelegenheit gegeben. Ich will diese, speciell zu meinem Gebrauche ausgeführten, Analysen durch Beisetzung eines Kreuzes † kenntlich machen, und wird sich schon hieraus ergeben, wie vielen geehrten Chemikern ich für Beiträge zu meiner Arbeit verpflichtet bin.

1. Zusammensetzung der Knochen.

Die Zusammensetzung der näheren Bestandtheile des Knochens, nämlich des Osseïns, der Knochenerde und des Fettes ist genau bekannt, desgleichen ist das Procentgewicht des Skelettes und sein Wassergehalt, wie oben gezeigt, wenigstens annäherungsweise ermittelt. Auf Grundlage dieser Thatsachen lässt sich die Zusammensetzung des Letzteren aus C.H.N.O. und Erden

ziemlich genau berechnen, sobald nur das mittlere Gewichtsverhältniss jener drei näheren Bestandtheile im trocknen Knochen gegeben ist.

Da die Angaben der Chemiker über dieses Verhältniss sich auffallend widersprechen, so glaubte ich im Interesse der vorliegenden Arbeit eine Wiederholung der Analysen nicht umgehen zu können. Ich habe die grosse Mehrzahl der menschlichen Knochen auf ihren Gehalt an Fett, Osseïn und Knochenerde sorgfältig untersucht, und zwar meistens an 11 Individuen, so dass ich über ein Erfahrungsmaterial gebiete, welches zu allgemeinen Schlüssen leidlich verwendbar ist.

Diese Untersuchungen, die, ihres grossen Umfanges wegen, hier nicht aufgenommen werden konnten, habe ich besonders abdrucken lassen[1]), und beschränke mich gegenwärtig auf Mittheilung nur weniger Resultate, welche den nachstehenden Rechnungen zur Grundlage dienen.

Unter den 11 Individuen, deren Knochen untersucht wurden, befanden sich 5 erwachsene Männer, deren constitutionelle Verhältnisse als normale gelten konnten.

Die Fettmenge der Skelette betrug in A 26,1%, in B 33,3%, in C 35,1%, in D 26,4%, in E 30,8%, also im Mittel

$$\frac{26,1 + 33,3 + 35,1 + 26,4 + 30,8}{4} = 30,3\%.$$

In denselben Skeletten ergab sich das Verhältniss der Knochenerde zum Knochenknorpel (letzterer = 100 gesetzt) in A 176, B 174, C 167, D 177, also im Mittel

$$\frac{176 + 174 + 167 + 177}{4} = 173,5.$$

Da nun 100 Theile Knochen 30,3 Fett enthalten, so enthalten dieselben 69,7 Knochenerde + Osseïn, und da die erstere zu letzterer sich wie 176 : 100 verhält, so besteht der wasserfreie Knochen erwachsener Männer im Mittel aus

Fett	30,30
Osseïn . . .	25,48
Knochenerde .	44,22
	100,00

1) Berichte d. Kön. Sächs. Gesellschaft der Wissenschaften 1873. S. 275.

Nun enthält aber das Skelett des erwachsenen Menschen, zu Folge der oben angestellten Untersuchungen, 50% Wasser und ist demnach die Zusammensetzung eines solchen Skelettes:

Wasser . .	50,00
Fett . . .	15,15
Osseïn . .	12,74
Erden . .	22,11
Summa	100,00

Das Fett besteht nach den Untersuchungen von *Schultze* und *Reinecke* aus

C . .	76,5
H . .	12,0
O . .	11,5
	100,0

Der Osseïn-Leim dagegen aus

C . .	50,8
H . .	7,2
O . .	23,9
N . .	18,1
	100,0

Hiernach enthalten dieselben in Procenten vom Knochengewichte

	C.	H.	O.	N.
Fett .	11,59	1,82	1,74	0,00
Osseïn	6,47	0,92	3,04	2,30
Summa	18,06	2,74	4,78	2,30

Es besteht also der Knochen erwachsener Männer im Mittel aus

Wasser .	50,00
C . .	18,06
H . .	2,74
O . .	4,78
N . .	2,30
Erden .	22,11
	99,99

2. Zusammensetzung der Muskeln.

Ueber die Zusammensetzung der menschlichen Muskeln sind auf meine Veranlassung zwei grössere Versuchsreihen angestellt worden, die eine von Herrn Professor *Stohmann*, die andere von Herrn *Rettig*, in dem chemischen Laboratorium zu Karlsruhe, unter

specieller Aufsicht des Herrn Professor Lothar Meyer. Ich stelle die beiden Versuchsreihen neben einander und bemerke, dass die angegebenen Werthe die Mittel aus mehreren unter sich wohl übereinstimmenden Beobachtungen sind. In der 3. Kolumne verzeichne ich die aus beiden Versuchsreihen resultirenden Mittelwerthe.

	Stohmann +	Rettig +	Mittel.
C . .	51,66	50,33	51,00
H . .	7,97	6,92	7,44
N . .	13,68	12,72	13,20
O . .	22,17	25,40	23,78
Asche .	4,52	4,63	4,58
	100,00	100,00	100,00

Mit dem Vorstehenden in guter Uebereinstimmung sind die Versuche von *Voit* an magerem Rindfleische. Er fand [1])

C . .	51,95
H . .	7,18
N . .	14,11
O . .	21,37
Asche .	5,39
	100,00

Nach den umfangreichen Arbeiten *v. Bibra*'s [2]) scheint die Zusammensetzung der quergestreiften Muskeln aller warmblütigen Thiere nur geringe Verschiedenheiten zu zeigen.

Wenn wir den Wassergehalt der menschlichen Muskeln, wie oben angegeben, im Mittel auf 77% veranschlagen, so berechnet sich die Zusammensetzung derselben wie folgt:

Wasser	77,00
C . .	11,73
H . .	1,71
N . .	3,04
O . .	5,47
Asche .	1,05

Sehr ähnliche Resultate hat auch *C. G. Lehmann* erhalten. Nach seinen Angaben enthält das Fleisch 76,59% Wasser, und

1) Die Gesetze der Ernährung des Fleischfressers von *Bischoff* und *Voit*, S. 304.

2) Arch. für physiol. Heilkunde 1845, S. 536.

in den festen Theilen, die also 23,41% betragen, verhalten sich die organischen Substanzen zu den unorganischen wie 22 : 1,41. Nun bestehen aber die organischen Substanzen fast ausschliesslich aus Eiweisskörpern und deren Derivaten, so dass sich die Zusammensetzung derselben auf die *Mulder*'sche Proteïnformel zurückführen lässt.

Setzt man

C . .	57,29
H . .	6,63
N . .	14,86
O . .	21,22

so führen die *Lehmann*'schen Untersuchungen auf folgende Zusammensetzung des Fleisches:

Wasser	76,59
C . .	12,60
H . .	1,47
N . .	3,26
O . .	4,67
Asche .	1,41
	100,00

3. Zusammensetzung des Herzens.

Obschon nach Untersuchung der quergestreiften Skelettmuskeln eine Analyse des Herzens fast überflüssig war, habe ich doch vorgezogen eine solche herbeizuführen.

Herr Professor *Merker* fand im menschlichen Herzen (†)

C . . .	52,97
H . . .	7,74
N . . .	12,09
Mineralien	5,10
O . . .	22,10
	100,00

Da nun nach meinen Untersuchungen das menschliche Herz im Mittel 79,3% Wasser enthält, so ergiebt sich für dasselbe folgende Zusammensetzung:

Wasser .	79,30
C . . .	10,96
H . . .	1,60
N . . .	2,50
Mineralien	1,06
O . . .	4,58
	100,00

Hiermit in Uebereinstimmung ist eine ältere Untersuchung von *Pfaff* und *Sass* [1]), welche für das Herz des Ochsen Folgendes ergab:

freies Wasser	79,17
C	10,06
H	2,21
N	3,32
O	3,67
Asche . .	1,56
	99,99

4. Zusammensetzung des Gehirnes.

Das Gehirn ist von den Chemikern vielleicht mehr als irgend ein anderes Organ des menschlichen Körpers untersucht worden, aber wie es scheint nie auf das Gewichtsverhältniss seiner Grundstoffe, welches für meine Zwecke hauptsächlich in Frage kommt. Auf mein Ersuchen haben nun 3 Chemiker Analysen angestellt, die ich nachstehend mittheile.

	Stohmann †	Teuchert †	Tränkmann †	Mittelwerth.
C . .	57,74	59,23	54,40	57,12
H . .	9,07	8,89	8,30	8,75
N . .	7,69	7,93	7,80	7,81
O . .	18,47	17,49	23,90	19,95
Asche .	7,03	6,46	5,60	6,36
				99,99

Da nun der Wassergehalt des menschlichen Gehirnes wie oben angegeben 77,9% beträgt, so wird seine Zusammensetzung im Mittel folgende sein:

---

1) *Meckels* Archiv Bd. V, S. 212.

freies Wasser	77,90
C	12,62
H	1,93
N	1,73
O	4,41
Asche . .	1,41
	100,00

5. Zusammensetzung des Fettgewebes.

Bei der allgemeinen und grossen Anerkennung, welche die Arbeiten von *Schultze* und *Reinecke* über das Fett gefunden haben, glaubte ich von der Veranstaltung neuer Analysen absehen zu dürfen. Nach den Untersuchungen der beiden oben genannten Forscher besteht das Menschenfett aus

	Versuch 1.	Versuch 2.	Mittelwerth.
C . .	76,44	76,80	76,62
H . .	11,94	11,94	11,94
O . .	11,62	11,26	11,44
			100,00

Fast genau dieselbe Zusammensetzung ergab sich für das Fett der bekannteren Hausthiere, beispielsweise für das Fett von Rindern, Hammeln, Schweinen, Hunden und Katzen.

Der Wassergehalt des Fettes steht immer in einem gewissen Verhältnisse zu den in demselben befindlichen Membranen, und würde, wenn wir im Fettgewebe des Menschen 15% Wasser annehmen, etwa auf 2,5% Membranen zu rechnen sein. Diese Membranen können als leimgebende Substanz mit 18% N betrachtet werden, so dass das Fettgewebe des Menschen, bei 15% Wasser, ungefähr 0,45% Stickstoff und 84,55% reines Fett von der oben angegebenen Zusammensetzung enthalten würde.

Die ausgeführte Rechnung ergiebt dann für das Fettgewebe des Menschen

freies Wasser	15,00
N	0,45
C	64,78
H	10,10
O	9,67

Auf die minimale Aschenmenge, welche die Membranen des Fettgewebes enthalten mögen, ist keine Rücksicht genommen.

6. Zusammensetzung der Lunge.

Ueber die Zusammensetzung der Lunge kann ich Untersuchungen von Prof. *Sievert, Dr. Tränkmann* und Herrn *Rettig*[1]) mittheilen.

	Sievert (+)	Tränkmann (+)	Rettig (+)	im Mittel.
C . .	49,93	52,60	51,41	51,31
H . .	6,75	7,60	6,64	7,00
N . .	13,23	9,80	13,26	12,10
Asche	6,20	4,60	5,93	5,58
O . .	23,89	25,40	22,76	24,01
				100,0

Da nun die Lunge 79,14% Wasser enthält, so ergiebt sich für dieselbe

freies Wasser	79,14
C	10,70
H	1,46
N	2,52
Asche . .	1,16
O	5,01
	99,99

7. Zusammensetzung der Leber.

Die nachstehenden Analysen sind an den Lebern dreier männlicher Individuen ausgeführt worden, welche die Anatomie in Halle zur Bearbeitung erhalten hatte. Ich finde in meinen Papieren keine Angaben über die constitutionellen Verhältnisse der bezüglichen Körper, vermuthe aber, aus der sehr geringen Stickstoffmenge in dem von *H. Rettig* untersuchten Falle, dass es sich hier um Fettlebern handle, welche, wie in den von den Zuchthäusern uns zugeführten Leichen, oft vorkommen.

	C. Voit (+)	Sievert (+)	Rettig (+)	im Mittel.
C . .	53,46	52,43	50,85	52,25
H . .	7,97	7,10	7,14	7,40
N . .	11,49	11,62	7,39	10,17
Asche	4,75	5,10	3,77	4,54
O . .	22,33	23,75	30,85	25,64
				100,00

1) Die Analysen von Herrn *Rettig* sind unter specieller Aufsicht von Herrn *Lothar Meyer* im Polytechnikum zu Karlsruhe angestellt.

Mit Berücksichtigung des Wassergehaltes ergiebt sich für die Leber folgende Zusammensetzung:

freies Wasser	69,60
C	15,88
H	2,25
N	3,09
Asche . .	1,38
O	7,79
	99,99

8. Zusammensetzung der Milz.

In Bezug auf die Milz kann ich nur zwei Analysen vorlegen, die indess ziemlich gut zusammenstimmen.

	Stohmann (†)	Rettig (†)	im Mittel.
C . .	51,98	51,65	51,82
H . .	8,22	7,02	7,62
N . .	13,81	12,77	13,29
Asche .	7,02	4,93	5,97
O . .	18,97	23,63	21,30
			100,00

Da nun die Milz nach den früheren Untersuchungen 76,59% Wasser enthält, so berechnet sich ihre Zusammensetzung wie folgt:

freies Wasser	76,59
C	12,13
H	1,78
N	3,01
Asche . .	1,50
O	4,99
	100,00

9. Zusammensetzung des Darmkanales.

Ich habe folgende Angaben erhalten

	Stohmann (†)	Rettig (†)	Märker (†)	Mittel.
C . .	51,15	56,23	51,99	53,12
H . .	7,87	8,11	5,00	6,99
N . .	14,34	9,54	15,21	13,03
Asche .	5,99	3,81	4,15	4,65
O . .	20,65	22,31	23,65	22,20
				99,99

Die ziemlich beträchtlichen Differenzen der Procentgewichte beruhen wohl darauf, dass der Fettgehalt der Därme in verschiedenen Individuen sehr verschieden ausfällt.

Lässt man die aufgestellten Mittelwerthe gelten und berücksichtigt den oben angegebenen Wassergehalt des Darmes, so enthält derselbe

freies Wasser	77,98
C	11,70
H	1,54
N	2,87
Asche . .	1,07
O	4,88
	99,99

10. Zusammensetzung der Nieren.

In den Leichen dreier erwachsener Männer, führte die Untersuchung der Nieren zu folgenden Resultaten:

	Stohmann (+)	Rettig (+)	Märker (+)	Mittel
C . .	54,92	50,62	50,75	52,10
H . .	8,63	6,90	5,82	7,12
N . .	11,63	11,76	11,34	11,91
Asche .	4,91	4,73	5,58	5,07
O . .	19,91	25,99	25,51	23,80

Die Nieren enthalten also, wenn auf ihren Wassergehalt Rücksicht genommen wird:

freies Wasser	83,45
C	8,73
H	1,29
N	1,93
Asche . .	0,80
O	3,80
	100,00

11. Die Zusammensetzung der Haut.

Die zu den chemischen Untersuchungen benutzte Haut war die Schicht der Lederhaut, ohne panniculus adiposus, aber freilich wird auch diese, nicht nur in verschiedenen Individuen, sondern auch an verschiedenen Körperstellen sehr ungleiche Fettmengen enthalten. Hierauf mag es beruhen, dass die Herren

Chemiker, welche die Analysen ausführten, zu ziemlich verschiedenen Resultaten gelangten, und sind die drei Versuchsreihen, welche ich vorzulegen im Stande bin, zur Begründung guter Mittelwerthe allerdings nicht ausreichend.

	Werner Schmidt (+)	Rettig (+)	Märker (+)	Mittel.
C . .	44,25	53,11	47,20	48,19
H . .	6,75	7,41	5,11	6,42
N . .	12,29	11,96	16,62	13,62
Asche .	2,81	1,87	3,03	2,57
O . .	33,90	25,65	26,04	29,20
				100,00

Und also mit Rücksicht auf den Wassergehalt

freies Wasser	70,00
C	14,60
H	2,12
N	3,64
Asche . .	0,70
O	8,93
	99,99

12. Zusammensetzung des Pankreas.

Auch die Bauchspeicheldrüse gehört zu den Organen von sehr ungleichem Fettreichthume, und beruht es unstreitig hierauf, dass die Kohlenprocente in den nachstehenden Analysen so wenig übereinstimmen.

	Tränkmann (+)	Rettig (+)	Märker (+)	Mittel.
C . .	42,08	60,10	48,86	50,59
H . .	8,03	8,79	9,04	8,71
N . .	9,08	7,99	10,96	9,58
Asche	3,75	4,36	6,24	4,78
O . .	35,35	18,76	24,90	26,34
				100,00

Hält man sich vorläufig an diese allerdings wenig zuverlässigen Mittelwerthe, so besteht das Pankreas aus folgenden:

freies Wasser	78,00
C	11,13
H	1,92
N	2,11
Asche . .	1,05
O	5,79
	100,00

13. Zusammensetzung des Blutes.

Ueber den Chemismus des Blutes besitzen wir so viele gute Arbeiten, dass es mir überflüssig schien dieselben durch neue zu vermehren. Die Zusammensetzung des getrockneten menschlichen Blutes ist im Mittel zahlreicher Beobachtungen folgende:

C . .	54,97
H . .	6,36
N . .	14,26
Asche .	4,05
O . .	20,36
	100,00 .

und wenn wir im Mittel 79% Wasser rechnen für das frische Blut:

freies Wasser	79,00
C	11,53
H	1,34
N	2,99
Asche . .	0,85
O	4,28
	99,99

14. Zusammensetzung des Körperrestes.

Im Vorstehenden ist zwar für bei weitem die meisten Theile des menschlichen Körpers die chemische Zusammensetzung durch specielle Analysen nachgewiesen worden, indess sind doch für beinahe 10% desselben unberücksichtigt geblieben. Der Plan meiner Arbeit bringt es mit sich, diese Lücke in den chemischen Untersuchungen, so gut es gehen will, durch Schätzung zu ergänzen.

Wenn man die Analysen der 13 in Betracht genommenen Organe vergleicht und von der Zusammensetzung der Knochen

und des Fettgewebes absieht, ergiebt sich, dass die übrigen 11 ziemlich ähnliche Mischungsverhältnisse haben, woraus zu schliessen, dass die von mir nicht untersuchten Weichtheile, die ich unter dem Titel Körperreste zusammenstelle, bei einer quantitativen Analyse nahezu dieselben Verhältnisse ergeben würden.

Man bemerke, dass, wenn ich Uebereinstimmung zwischen den untersuchten und nicht untersuchten Organen annehme, ich nicht eine Uebereinstimmung zwischen den einzelnen Organen, sondern zwischen den Gesammtmassen der untersuchten und nicht untersuchten Organe voraussetze. Ich halte es also für unbedenklich anzunehmen, dass, wenn der Wassergehalt in den von mir untersuchten Organen, Knochen und Fett ausgenommen, im Mittel 76,4% beträgt, der nicht untersuchte Körperrest im Mittel ebenfalls 76,4% Wasser enthalte.

Von solchen Voraussetzungen ausgehend, habe ich die Zusammensetzung der Körperreste berechnet und finde

freies Wasser	76,35
C	12,13
H	1,74
N	3,01
Asche . .	1,03
O	5,73
	99,99

Nachdem ich nun für $^9/_{10}$ der Körpertheile das Procentgewicht ihrer Grundstoffe mit Hülfe chemischer Untersuchungen bestimmt, und für das übrige $^1/_{10}$ die Procentgewichte durch eine auf Wahrscheinlichkeitsgründe gestützte Rechnung angenähert festgestellt habe, will ich in nachstehender Tabelle die Resultate meiner Untersuchungen übersichtlich zusammenstellen.

In der letzten Querreihe dieser Tabelle ist angegeben, welches Procentgewicht einem bestimmten Grundstoffe, gegenüber der Masse des ganzen Körpers, zukommt, wobei an einen erwachsenen und männlichen Körper zn denken ist. Die Berechnung bietet keine Schwierigkeiten dar. Aus dem gegebenen mittleren Körpergewichte und den ermittelten Procentgewichten der Organe, lässt sich für jedes Organ sein absolutes Gewicht berechnen. Ferner, aus dem gegebenen Gewichte eines Organes und den gefundenen Procentgewichten seiner constituirenden Elemente, ergiebt sich das absolute Gewicht der letzteren. Sum-

miren wir also für einen bestimmten Grundstoff, z. B. Kohle, die sämmtlichen absoluten Gewichte der Kohle, welche die verschiedenen Organe zum Aufbau des Körpers beigesteuert haben, so erhalten wir die ganze Masse der Kohle, welche der Körper enthält, und da wir das Gewicht des Körpers kennen, so lässt sich dieses Kohlenquantum auch in Procenten vom Körpergewichte ausdrücken. Eine derartige Rechnung erzielt Folgendes:

Tabelle II.

Ueber die Procentgewichte der Grundstoffe in den verschiedenen Organen des menschlichen Körpers.

Organ.	freies Wasser.	C.	H.	N.	O.	Asche.
Skelett . .	50,00%	18,06%	2,74%	2,30%	4,78%	22,11%
Muskeln . .	77,00 »	11,73 »	1,71 »	3,04 »	5,47 »	1,05 »
Herz . . .	79,30 »	10,96 »	1,60 »	2,50 »	4,58 »	1,06 »
Gehirn . .	77,90 »	12,62 »	1,93 »	1,37 »	4,41 »	1,41 »
Fettgewebe .	15,00 »	64,78 »	10,10 „	0,45 »	9,67 »	—
Lunge . . .	79,14 »	10,70 »	1,46 »	2,52 »	5,01 »	1,16 »
Leber . . .	69,60 »	15,88 »	2,25 »	3,09 »	7,79 »	1,38 »
Milz . . .	76,59 »	12,13 »	1,78 »	3,01 »	4,99 »	1,50 »
Darmkanal .	77,98 »	11,70 »	1,54 »	2,87 »	4,88 »	1,07 »
Nieren . .	83,45 »	8,73 »	1,29 »	1,93 »	3,80 »	0,80 »
Haut . . .	70,00 »	14,60 »	2,12 »	3,64 »	8,93 »	0,70 »
Pankreas . .	78,00 »	11,13 »	1,92 »	2,11 »	5,79 »	1,05 »
Blut der grossen Gefässe	79,00 »	11,53 »	1,34 »	2,99 »	4,28 »	0,85 »
Körperrest .	76,35 »	12,13 »	1,74 »	3,01 »	5,73 »	1,03 »
Mittelwerth .	65,7%	18,5%	2,7%	2,6%	6,5%	4,7%

Wenn man die, in vorstehender Tabelle notirten Procentgewichte bis auf Weiteres gelten lässt, so lassen sich folgende Behauptungen aufstellen.

1) Die meisten Körpertheile zeigen in ihren Mischungsverhältnissen keine sehr auffallenden Verschiedenheiten, nur die

Knochen und das Fettgewebe haben eine Zusammensetzung von hervorstechender Eigenthümlichkeit.

2) Die Knochen zeichnen sich durch einen geringen Wassergehalt und ausserordentliche Aschenmenge aus. Das Minus an Wasser wird durch das Plus an Mineralien ungefähr ausgeglichen.

3) Das Fettgewebe zeichnet sich durch die fast vollständige Abwesenheit von Stickstoff und Erden, wie auch durch sehr geringen Wassergehalt aus. In Folge dessen haben Kohle, Wasserstoff und Sauerstoff, sehr hohe Procentgewichte, und namentlich ist das Verhältniss der Kohle gegen 10mal grösser, als selbst in den kohlenreichsten Geweben des übrigen Körpers.

4) Das wasserreichste Organ würde meinen Untersuchungen zu Folge die Niere sein, und muss namentlich auffallen, dass ihr Wassergehalt grösser ist als der des Blutes.

5) Das kohlenreichste Organ, abgesehen vom Fettgewebe, ist der Knochen, das kohlenärmste die Niere.

6) Der Stickstoff findet sich in grösster Menge in der Haut, in den Muskeln und in der Leber, in kleinster Menge im Gehirn, mit alleiniger Ausnahme des Fettgewebes, wie oben schon angegeben.

7) Das nicht zu Wasserbildung verwendete Hydrogen findet sich in grösster Menge im Fettgewebe, in den Organen übersteigt es nur ausnahmsweise den Werth von 2%.

8) Der Wassergehalt des ganzen Körpers beträgt nach meinen Untersuchungen 65,6%, was ziemlich gut zu den Erfahrungen *von Bezold*'s passt, welcher bei Säugethieren gegen 70% fand. Allerdings hat der jüngere *Bischoff* die Wassermenge des menschlichen Körpers nur auf 58% veranschlagt, indess habe ich schon oben bemerkt, dass diese auffallend niedrige Angabe wohl darauf beruht, dass *Bischoff* den Wasserreichthum der Knochen beträchtlich unterschätzte.

9) Aus den in der letzten Querreihe meiner Tabelle notirten Zahlen, welche aussagen, wie viel ein bestimmter Grundstoff in Procenten vom Körpergewichte betrage, ergiebt sich das Mengenverhältniss der verschiedenen Grundstoffe zu einander.

Setzt man die Stickstoffmenge = 1, so enthält der menschliche Körper

Stickstoff .	1
freies Wasser	24,95

Kohle . .	7,04
Sauerstoff .	2,39
Asche . .	1,70
Wasserstoff .	1,04

In diesen wenigen Zahlen ist im Grunde das Schlussresultat meiner gesammten Untersuchungen enthalten. Meine Absicht war, das Mengenverhältniss des Wassers und der wichtigsten Grundstoffe des menschlichen Körpers zu ermitteln, und dieses Verhältniss ist in den vorstehenden sechs Ziffern ausgedrückt.

Allerdings ist nun fraglich, inwieweit die von mir aufgestellten Zahlen Zutrauen verdienen. Erwägt man, dass dieselben auf Erfahrungen fussen, welche über das Mischungsverhältniss der Grundstoffe in den einzelnen Organen gesammelt wurden, und bedenkt man, dass in der grossen Mehrzahl der Fälle, für ein einzelnes Organ nur 3 Analysen vorliegen, so ist einleuchtend, dass die Begründung meiner Angaben von dieser Seite nichts weniger als genügend ist. Die in Tabelle II vorgezeichneten Zahlen, welche das Procentgewicht der in Frage stehenden Grundstoffe für die einzelnen Organe angeben, bedürfen sehr der Bestätigung und entsprechen auf keinen Fall genau den Mittelwerthen, welche sie darstellen sollen. Aber da die Fehler, welche diesen Angaben anhaften und welche darin bestehen, dass sie die Quantität eines bestimmten Grundstoffes entweder über- oder unterschätzen, sich in den 13 von mir untersuchten Geweben und Organen 13mal wiederholen, so müssen die Ueberschätzungen, welche bei einigen Organen vorkommen, und die Unterschätzungen, welche bei anderen eintreten, sich mehr oder weniger compensiren, und werden daher die Verhältnisszahlen, welche sich auf die Gesammtmenge eines durch den ganzen Körper verbreiteten Stoffes beziehen, voraussichtlich der Wahrheit ziemlich nahe kommen.

So wichtig es nun auch ist, die Procentgewichte der in den Organen enthaltenen Grundstoffe zu kennen, so ist es doch in gewissen Fällen, besonders wo es sich um Verhältnisse des Stoffwechsels handelt, unerlässlich nothwendig auf die absoluten Gewichte derselben zurückzugehen.

Ich habe daher die in Tabelle II verzeichneten Procentgewichte in der nachfolgenden Tabelle III in absolute Gewichte umgerechnet. Die in derselben notirten Zahlen bedeuten Gramme und sind für einen männlichen Körper von mittlerem

Gewichte, also für einen Körper von 62470 Gr. Schwere, berechnet. Unter Körperrest sind, wie oben erörtert, 5112 Gr. Weichtheile verstanden, welche nicht speciell untersucht worden sind und deren Zusammensetzung ich dem mittleren Mischungsverhältnisse der mir bekannten Weichtheile gleich setze.

Tabelle III.
Absolute Gewichte der in den verschiedenen Organen enthaltenen Grundstoffe in männlichen Körpern von mittlerer Schwere.

Organ.	Wasser.	Kohle.	Wasserstoff.	Stickstoff.	Sauerstoff.	Mineralien.
Skelett . .	5082,0	1835,6	278,5	283,8	485,8	2247,3
Muskeln . .	20659,8	3147,3	458,8	845,7	1467,7	281,7
Herz . . .	258,5	35,7	5,2	8,1	14,9	3,4
Gehirn . .	1096,8	177,7	27,1	24,4	62,1	19,8
Fettgewebe .	932,4	4026,7	627,8	28,0	601,0	Spur.
Lunge . . .	936,2	126,6	17,8	29,8	59,3	13,7
Leber . . .	1140,0	260,1	36,9	50,6	127,6	22,6
Milz . . .	141,7	21,3	3,3	5,6	9,2	2,8
Darmkanal .	1296,0	194,5	25,6	47,7	81,1	17,8
Nieren . .	252,9	26,5	3,9	5,8	11,5	2,4
Haut . . .	2689,4	560,9	81,5	139,8	343,1	26,9
Pankreas . .	77,2	11,0	1,9	2,1	5,7	1,0
Blut der grossen Gefässe	1898,4	277,1	32,2	71,8	102,8	20,4
Körperrest .	4132,1	656,5	94,2	162,9	310,1	55,7
Summa . .	40694,4	11357,5	1694,2	1626,1	3681,9	2715,5

Addirt man die sechs Summen der letzten Querreihe, so erhält man 61769,6 Gr. statt 61670 Gr., welcher letztere Werth für das mittlere Körpergewicht, minus 800 Gr. Auswurfsstoffe, genau genommen zu verlangen wäre.

Die quantitativen Bestimmungen der im Körper befindlichen Grundstoffe würden sofort ein hohes Interesse gewinnen, wenn sich mit ihnen Angaben über die Quantität der täglich secernirten Elementartheile verbänden, denn das Verhältniss der

täglichen Secrete zu den im Körper aufgespeicherten Stoffen, giebt den Massstab für die Intensität des Stoffwechsels. Es ist klar, dass, wenn das Verhältniss in einem Falle $^1/_{10}$, im anderen $^1/_{100}$ betrüge, der Stoffwechsel im ersteren Falle zehnmal schneller erfolgen müsste, als im zweiten.

Ich besitze über die Quantität der täglich secernirten Stoffe keine eigenen Erfahrungen, aber ich habe die wichtigsten hierüber bekannt gewordenen Angaben sorgfältig gesammelt und zur Berechnung von Mittelwerthen benutzt. Es sei gestattet die Resultate, welche ich auf diese Weise gewonnen, tabellarisch zusammen zu stellen, denn, wie sehr die berechneten Verhältnisse auch noch der Berichtigung bedürfen mögen, so werden sie immerhin als Beweis gelten dürfen, dass die Intensität des Stoffwechsels für verschiedene Elementartheile sehr verschiedene Werthe hat.

Tabelle IV.

Ungefähres Verhältniss der täglich secernirten Stoffe, zu den im Körper befindlichen.

Namen der Stoffe.	Quantität der täglich entleerten Stoffe.	Quantität der im Körper befindl. Stoffe.	Verhältniss.
gesammte Stoffe	3470 Gr.	62470 Gr.	$^1/_{18}$
Wasser . . .	2657 »	40694 »	$^1/_{15}$
Kohle . . .	246 »	11357 »	$^1/_{46}$
Sauerstoff . .	627 »	3682 »	$^1/_{6}$
Wasserstoff . .	4,4 »	1694 »	$^1/_{382}$
Stickstoff . .	17 »	1626 »	$^1/_{95}$
Mineralien . .	27 »	2716 »	$^1/_{100}$

Dr. Woroschiloff, *Der Verlauf der motorischen und sensiblen Bahnen durch das Lendenmark des Kaninchen.* Aus dem physiologischen Institute zu Leipzig. Mitgetheilt von dem wirklichen Mitgliede *C. Ludwig.*

(Mit 11 Holzschnitten und Taf. I—XVII.)

Die Beobachtungen von *Miescher*[1], *Nawrocki*[2] und *Dittmar*[3] enthielten für mich eine Aufforderung zu neuen Versuchen über den Verlauf der motorischen und sensiblen Leitungsbahnen im Rückenmarke. Nach den Erfahrungen der beiden ersteren verlaufen sensible Fortsetzungen des n. ischiadicus innerhalb des Lendenmarkes ausschliesslich durch die Seitenstränge zu den reflectorischen Gefässcentren der medulla oblongata empor. Es blieb zu erörtern, ob sich auf demselben Wege auch die Fasern bewegen, welche Reflexe in den Skelet- und Hautmuskeln hervorrufen. Von *Dittmar* war erwiesen worden, dass die verengenden Gefässnerven durch die Seitenstränge aus dem verlängerten Marke in die vorderen Nervenwurzeln übergehen. Also erhob sich auch hier die Frage, ob sich alle Fasern der vorderen Wurzeln in diesen Bahnen vereint finden. Wenn die Beobachtungen von *Miescher, Nawrocki* und *Dittmar* nach den bezeichneten Richtungen hin erweitert werden sollten, ohne den hohen Grad von Sicherheit, welcher ihnen eigenthümlich war, einzubüssen, so mussten ihre Methoden nach verschiedenen Richtungen hin abgeändert werden. Das Verfahren, welches die genannten Beobachter übten, bestand, wie bekannt, darin, dass sie bei dem curarisirten Thiere das Mark an einer beschränkten Stelle bloss legten, in dieses an einem gewählten Orte ein Schutzmesserchen einsenkten und dann erst die auf der einen Seite der Klinge gelegenen Stränge

1) Diese Berichte 1870, 404.
2) Ibid. 1871, 585.
3) Ibid. 1873, 479.

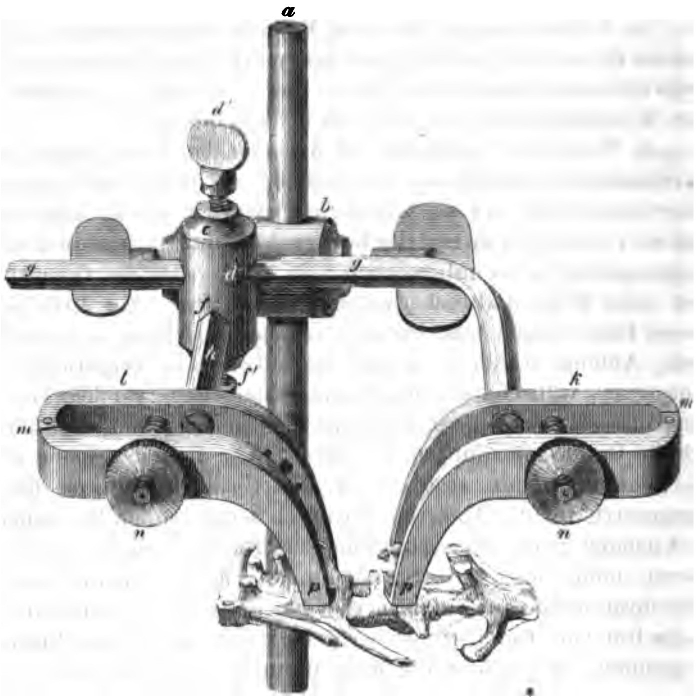
durchtrennten, so dass das Rückenmark ober- und unterhalb des Schnittes nur noch durch die wohlerhaltenen Faserungen zusammenhing, welche sich auf der anderen Seite des Messerchens befunden hatten. Je nachdem man erfahren wollte, ob durch diese Brücke sensible oder motorische Fasern verliefen, wurden Nerven, die entweder unter- oder oberhalb des Schnittes entspringen, gereizt. Zur Vergewisserung über den Erfolg des Reizes genügte es, die Aenderungen der arteriellen Blutspannungen festzustellen, welche während seiner Anwendung eintraten. Nach dem Tode gaben die unter dem Mikroskope untersuchten Durchschnittchen des gehärteten Markes den genaueren Nachweis von der Grösse der angebrachten Verletzungen, beziehungsweise der im Leben erhaltenen Marktheile.

Die Veränderungen, die diese Methode erfahren musste, damit sie für meine Zwecke brauchbar wurde, habe ich unter dem fortwährenden Beirath des Herrn Prof. *C. Ludwig* ausgeführt. Das Wesentliche derselben besteht in Folgendem.

a. Wenn die Leistungen der Reize an den Bewegungen der Skeletmuskeln geprüft werden sollten, so durfte das operirte Thier zu der Zeit wo die letztern zu erwarten waren, nicht mit Curare vergiftet, während der Rückenmarksdurchschneidung dagegen musste es so unbeweglich sein, dass sich die Operation mit voller Ruhe und Sicherheit ausführen liess. Zur Erfüllung dieser Forderungen habe ich zwei verschiedene Wege eingeschlagen. Anfangs wendete ich eine unvollkommene Vergiftung mit Curare an; während des Höhestadiums derselben, wo dem Thiere eine äusserst schwache Beweglichkeit zu Gebote stand, vollführte ich die Durchschneidung des Markes. War diese geschehen und die Wunde vernäht, so wurde die künstliche Athmung so lange fortgesetzt, bis das Thier wiederum zu seiner vollen Beweglichkeit gelangt war; eine schwache Vergiftung vorausgesetzt sind hierzu mindestens zwei Stunden nothwendig. Obwohl dieses Verfahren nicht ganz zu verwerfen ist, so bleibt es doch keineswegs frei von Tadel, der sich vorzugsweise durch den Zustand begründet, in welchem die Muskeln auch nach scheinbar vollkommener Wiederkehr der Beweglichkeit zurückbleiben. Er ist durch ein Zittern gekennzeichnet, welches bald nur die Muskeln der Extremitäten, bald auch die des Rumpfes ergreift; hierdurch werden natürlicherweise die Erfolge der Reizung mit mancherlei Unsicherheiten behaftet.

Bei dem zweiten Verfahren, das auf unvergiftete Thiere anwendbar ist, wurde der Wirbel, innerhalb dessen das Rückenmark durchschnitten werden sollte, unverrückt befestigt. Da ich auf diesem Wege zu vollkommen sicheren Erfolgen gelangt bin, so habe ich ihn schliesslich allein betreten. — Die Fixation des betreffenden Wirbels besorgt eine Zange, die mittelst eines Statives an dem Operationsbrete befestigt ist. Je nach dem Orte der Wirbelsäule, welcher benutzt werden soll, müssen die Arme der Zange besonders gestaltet sein. Da ich mich in dieser Abhandlung im Wesentlichen auf die Beschreibung der Versuche beschränken werde, welche ich über den Verlauf der Leitungs-

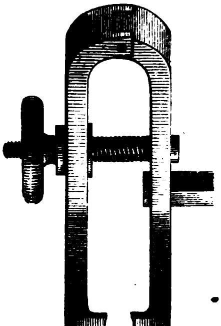
Fig. 1.



bahnen im Lendenmark angestellt habe, so schildere ich auch nur den Bau der Zange, die sich für die Fixation des untersten Brust- und des obersten Lendenwirbels eignet. Das Stativ der Zange (Fig. 1) besteht aus einem eisernen Stabe *a*, der in be-

kannter Weise auf einer Schraubenklemme sitzt, die an jedem beliebigen Rande des Operationsbretes anzubringen ist. Auf dem Stabe *a* läuft eine Messinghülse *b*, welche durch eine Schraube auf jeder Höhe des Stabes *a* festgestellt werden kann. An diese Hülse *b* ist eine zweite *c* festgelöthet, die zwei Durchbohrungen trägt. Die Bohrlöcher sind auf ihrem Querschnitte von prismatischer Gestalt, das eine derselben *d* durchsetzt die Hülse *c* um einige Millimeter höher als das andere *f* und ausserdem stehen die Axen der beiden Durchbohrungen senkrecht zu einander. Auf den entgegengesetzten Basen der Hülse *c* treten zwei Schrauben *d'* und *f'* ein, welche die prismatischen Stäbe *g* und *h* einklemmen können, die durch die Bohrlöcher *d* und *f* durchgesteckt sind. An dem einen Ende jedes dieser beiden Stäbe sitzt mit einer Schraube befestigt je ein Arm der beiden Zangen *k* und *l*. Der Stab *h* geht gerade gegen den entsprechenden Arm der Zange *l*, der Stab *g* dagegen macht, um zum Zangenarm *k* zu gelangen, eine Biegung nach unten. Die beiden Zangen, zu deren Beschreibung ich nun übergehe, sind im Wesentlichen gleich gebaut, sie bestehen aus je zweien nach unten gebogenen Armen, die bei *m* durch ein Scharnier verbunden sind. Beide Arme können durch die Schraube *n* gegen einander geführt werden. Am untersten Theile der beiden Zangenarme (Fig. 2) ragen unter rechten Winkeln zwei kurze Stückchen hervor, deren freies Ende dazu bestimmt ist, die Wirbelknochen anzugreifen. Um diese mit Erfolg festhalten zu können, sind jene so ausgeschnitten, dass sie gerade in je eine kleine Vertiefung des Knochens hineingreifen, welche unterhalb des schiefen Fortsatzes vorhanden ist. Die eine dieser beiden Zangen fasst unter dem schiefen Fortsatz des Wirbels, innerhalb dessen das Rückenmark durchschnitten werden soll, während sich die zweite Zange unter den entsprechenden Fortsatz des nächsttieferen Wirbels legt. Da die Knochenmasse an den genannten Stellen des letzten Brust- und ersten Lendenwirbels sehr fest ist, so können die Zangen scharf gegen einander geschraubt werden. Ist dieses geschehen, so ist auch der umfasste Theil

Fig. 2.



der Wirbelsäule unbeweglich festgestellt und jede weitere Hülfe eines Assistenten zur Vollendung der Operation unnöthig.

b. Mit der Anwendung der beschriebenen Zange verbindet sich noch der weitere Vortheil, dass nun den Schutzmesserchen, welche zur sichern Abgrenzung des Schnittes in das Mark eingesenkt werden sollen, eine vollkommnere Gestalt und Führung gegeben werden kann. Die Messerchen selbst sind nämlich auf einem Schlitten anzubringen, der an einen Arm einer der Zangen geschraubt werden kann. Dieser Schlitten ist in seiner Vorderansicht durch den Holzschnitt 3 versinnlicht. Die Figur lässt erkennen, dass die Messer in senkrechter oder in horizontaler Richtung das Mark *m* durchbohren können, je nachdem sie auf die Abtheilung *a*, oder *b'* des Schlittens gesetzt werden. Auf der Kante der Abtheilung *a* laufen zwei Bügel *b*, die mit Hülfe eines Uhrschlüssels durch das Schräubchen *c* an jedem Orte der Kante festzustellen sind. Jeder dieser Bügel trägt an der Seite, die er dem anderen zukehrt, eine Nute, welche auf dem Querschnitt die Gestalt von mehr als einem Halbkreis besitzt. In dieser Nute bewegt sich (siehe Fig. 4) ein Stahlstab *d*, der an die Schiene *f* angelöthet ist, welche an ihrem unteren Ende das Schutzmesserchen *g*, an ihrem oberen dagegen den Griff *h* trägt. Die

Fig. 3.

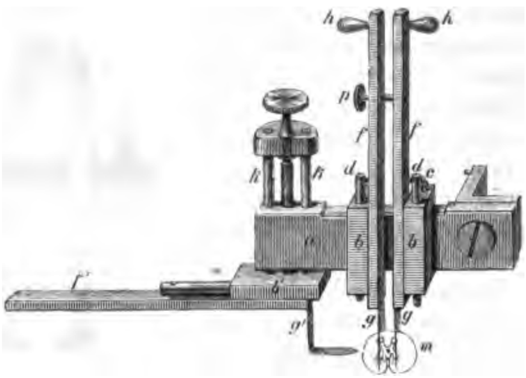
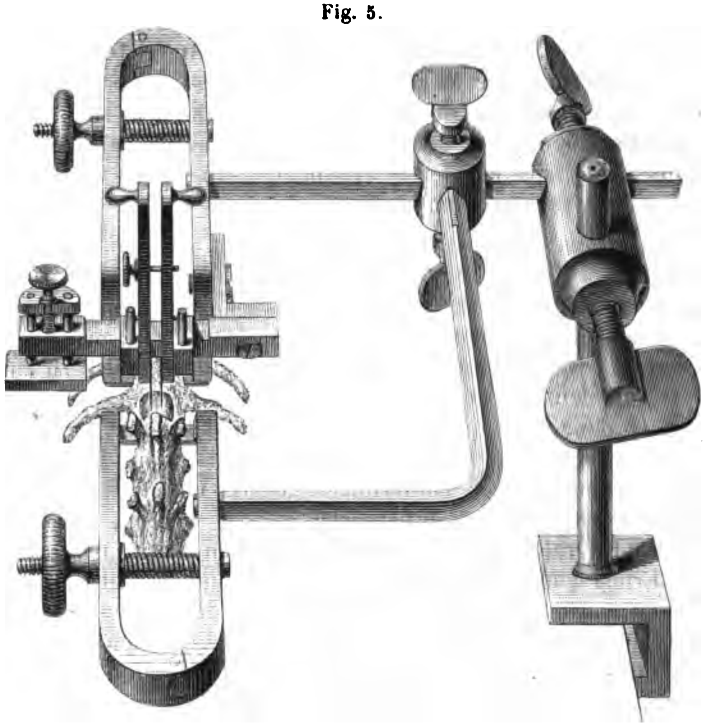


Fig. 4.

eben geschilderte Einrichtung gestattet es, das Schutzmesserchen zunächst jedem gewünschten Theile der Markoberfläche gegenüber zu stellen und dann, nachdem der Bügel *b* hier festgeschraubt ist, das Messer senkrecht durch das Mark zu führen.

Will man das Mark in senkrechter Richtung gleichzeitig zweimal durchbohren, so ist es gerathen, vorerst jedes der beiden Messerchen dem verlangten Orte der Oberfläche gegenüber zu bringen und darauf zunächst die beiden Schienen in *ff* durch die Schraube *p* zusammenzuhalten und nun mit einem Male die beiden Messer in das Mark zu versenken. — Was durch die Abtheilung *a* für den senkrechten, soll durch die Abtheilung *b'* für den horizontalen Schnitt durch das Mark geleistet werden. Da der Raum innerhalb der Muskelwunde nicht genügt, um die Schiene *f'*, welche das Schutzmesserchen trägt, aufnehmen zu können, so wurde diesem letzteren *g'* eine Bajonnetform gegeben. Die Führung *b'* ist auf eine Schraube *k* gesetzt, sodass das Messerchen in verschiedenen Höhen dem Marke gegenüber gestellt werden kann. Die Fig. 5 giebt schliesslich eine Anschauung von

Fig. 5.



der Lagerung des Apparates über der Wirbelsäule, wenn derselbe aus allen ihm zugehörigen Stücken zusammengesetzt ist.

Bei der beschriebenen Einrichtung der Schutzmesser kann die Auswahl der Orte, in welchen sie eingestochen werden sollen, mit grosser Genauigkeit unter Anwendung der Lupe geschehen und es kann jede beliebige Verbindung von senk- und wagerechten Schnitten durch das Mark ausgeführt werden.

Durch eine geringe Abänderung in den Stellungen der messerführenden Schienen kann man auch Schnitte durch das Mark führen, welche gegen einander geneigt sind. In Tafel III, p. 266 ist ein Beispiel einer Verstümmelung gegeben, die zwischen zwei gegen einander geneigten Messerchen ausgeführt wurde; trotzdem dass ich öfter von dieser Anordnung der Messerchen Gebrauch gemacht habe, unterlasse ich eine Beschreibung des hierzu benutzten Apparates, weil er in mancher Beziehung noch der Verbesserung bedarf.

Mit der Sicherheit des Einführens der Messerchen wetteifert jetzt auch die Bequemlichkeit des Markschnittes. Die Schutzmesserchen und der Wirbel, innerhalb dessen operirt wird, stehen unverrückt, da die Bewegungen, welche dem Thiere trotz seiner Befestigung auf dem gewöhnlichen Kaninchenbrete noch möglich sind, sich auf den betreffenden Wirbel auch nicht einmal spurweise erstrecken können.

c. Da es zunächst in der Absicht lag, die sensiblen und motorischen Bahnen der hinteren Extremitäten in ihrem Verlaufe durch das Lendenmark zu prüfen, so war auch der Ort, an welchem die Durchschneidung stattzufinden hatte, von vorn herein bestimmt. Die Durchschneidung des Markes durfte nicht zu entfernt von den Ursprüngen der betreffenden Nerven vorgenommen werden, aber auch nicht so nahe an denselben, dass die Nervenwurzeln schon vor ihrem Eintritt in die graue Masse verletzt wurden. Diesen Forderungen gemäss musste das Operationsfeld in die unteren Brustwirbel verlegt werden. Nachdem eine Zahl vergleichender Versuche dargethan hatte, dass es für den Erfolg gleichgültig war, welcher der unteren Brustwirbel benutzt wurde, habe ich mich in der Regel des untersten Brustwirbels bedient, weil sich hier das Mark am bequemsten blosslegen lässt, weil die dichte Knochensubstanz die Gefahren der Blutung verringert und weil die relative Grösse und Festigkeit des Wirbels das Anlegen der Zange erleichtert.

d. Der Gang des Verfahrens, welches schliesslich zur iso-

lirten Durchschneidung eines Rückenmarktheiles führte, war kurz folgender. Zuerst setzte ich in die Luftröhre des Thieres eine Canüle mit möglichst grosser Lichtung, weil ich bemerkt hatte, dass hierdurch die venösen Blutungen, welche bei krampfhaften Bewegungen der Brust so leicht aus den Wirbelvenen eintreten, leichter vermieden werden. Nachdem hierauf das Kaninchen mit dem Rücken nach oben auf dem Brete befestigt war, wurde der letzte Brustwirbel nebst den benachbarten Knochentheilen entblösst, was, wie bekannt, ohne jeglichen Blutverlust geschehen kann. Darauf wurden die Zangen an die schiefen Fortsätze des obersten Lenden- und letzten Brustwirbels eingesetzt und mittelst eines kleinen Trepans der Bogen des Wirbels durchbohrt. Von dieser Oeffnung aus wurden darauf mit einer feinen Knochenzange die Seitentheile des Bogens weggebrochen unter stetiger Beachtung der schon von *Miescher* gegebenen Vorschrift sich möglichst entfernt von dem oberen und unteren Ende des Wirbels zu halten, weil hier die sinuösen Venen des Wirbelcanals weit höher als in der Mitte gegen den Bogen emporsteigen. Nach Entblössung der harten Hirnhaut wurden die Messerchen beziehungsweise der Führungs-Rahmen mit aller Sorgfalt dem Orte des Markes gegenüber gestellt, in welchen jene eingestochen werden sollten.

Bevor jedoch dieses selbst geschah, durchschnitt ich zuerst die harte Hirnhaut mit einem feinen und scharfen Messerchen, eine Massregel, die der Sicherheit zu Gute kommt, mit welcher das Schutzmesserchen die gewünschte Trennungslinie einhält. Jetzt erst wurden die Schutzmesserchen vorsichtig durch das Mark geführt, bis ihre Spitzen den gegenüber liegenden Knochen berührten. Darauf endlich folgte die Durchschneidung der von vorn herein bestimmten Orte. Nachdem die Schutzmesserchen herausgezogen waren, wurden die Zangen entfernt, die Wunde sorgfältig vernäht und entweder sogleich oder auch nach einer Stunde mit den Prüfungen der Functionen begonnen.

Zur Ermittelung der noch vorhandenen Leitungsfähigkeit bediente ich mich der Erregung sensibler Flächen unter Beobachtung der hierdurch ausgelösten Bewegungen, ferner des Verhaltens der Gliedmassen beim Sitzen und Laufen und endlich der Bewegungen, welche im Körper namentlich aber in den Beinen eintraten, während das unter dem calamus scriptorius durchschnittene Mark tetanisch gereizt wurde. Die besondere

Art des hierbei eingeschlagenen Verfahrens verdient eine genauere Beschreibung.

e. Reizungen empfindlicher Flächen und Beobachtungen der erzielten Reflexbewegungen. — Die dem Reize ausgesetzten Orte waren die Ohren, die Hinter- und die Vorderpfoten. Die mit dieser Wahl verbundene Absicht ist leicht zu errathen. Wenn auf eine Reizung des Fusses Bewegungen der Arme und des Kopfes eintraten, so musste sich die sensible Erregung durch die verstümmelte Rückenmarksstelle nach oben hin fortgepflanzt haben, und umgekehrt, wenn in Folge einer Reizung der Vorderpfoten und der Ohren Bewegungen in den Beinen entstanden, so musste in dem noch erhaltenen Theile des Rückenmarkes eine motorische Bahn liegen, welche das verlängerte mit dem Lenden-Mark verknüpfte.

Als Reizmittel habe ich immer und zwar nach einander zu dem Inductionsstrome und zum Druck mit meinen Fingern gegriffen. Durch den Inductionsstrom erlangte ich den Vortheil, die Stärke des Reizes auf einen bestimmten Körpertheil mit grosser Genauigkeit abstufen und wenigstens annähernd schätzen zu können, wie sich die Erregbarkeit zweier gleichnamigen Theile der beiden Körperhälften zu einander verhielt. Um dieser Vortheile sicher zu sein, wurden die Electroden, welche aus feinen Nadeln bestanden, in allen Fällen beiderseits durch die gleichnamigen Zehen gesteckt und dieses zwar in der Weise, dass sie überall gleich tief und gleich weit entfernt von einander eingesenkt wurden. Die übersponnenen Drähtchen, welche von den Nadeln ausgingen, tauchten in isolirte Quecksilbernäpfchen, zu welchen nach Belieben die beiden Enden der secundären Spirale eines Schlittenapparates gebracht werden konnten. In den primären Kreis war ein Grove eingeschaltet. Bei der Anwendung dieses Verfahrens wurde jedesmal mit dem Aufsuchen des Rollenabstandes begonnen, bei welchem sich die ersten Spuren der reflectorischen Zuckungen bemerkbar machten und dann allmählig die Rollen einander genähert, bis es zur Auslösung maximaler Reflexe kam. Zwischen je zwei Reizungen verstrichen mehrere Minuten. Mit dieser Einrichtung bin ich insofern sehr zufrieden gewesen, als damit eine grosse Uebereinstimmung in den Einzelbeobachtungen an demselben Thiere zu erzielen war, denn es fanden sich nicht allein bei der wiederholten Reizung des gleichen Ortes die minimalen und maxi-

malen Reflexe jedesmal bei fast demselben Rollenabstand ein, es stellte sich meist sogar heraus, dass bei der Reizung zweier gleichnamigen Orte der beiden Seiten die minimalen Reflexzuckungen bei sehr annähernd gleichem Rollenabstand sichtbar wurden. Wollte man es auch für einen Zufall erklären, dass die minimale Reflexzuckung durch nahezu gleichstarke Inductionsströme von denselben Zehen beider Füsse hervorgerufen wurden und somit den Schluss nicht gestatten, dass die Empfindlichkeit beiderseits dieselbe gewesen sei, so würde man damit doch einen anderen Vortheil des beschriebenen Verfahrens nicht beseitigt haben. Einen solchen finde ich aber darin, dass man bei der gewählten Reizungsmethode entscheiden kann, ob durch gleiche Zuwüchse der Stromintensität beiderseits gleiche oder verschiedene Aenderungen in der Stärke der reflectorischen Zuckungen auszulösen sind.

Wenn ich neben den Inductionsschlägen auch noch den mit meinen Fingern auf die Pfoten und Ohren ausgeübten Druck als Erregungsmittel angewendet habe, so geschah dieses wesentlich deshalb, weil die öfter ausgesprochene Behauptung geprüft werden sollte, ob ein Druck noch dann wirksam sei, wenn die electrischen Reize zur Hervorrufung von Reflexen versagen. Hier kann gleich bemerkt werden, dass ich diese Angabe nicht bestätigt gefunden habe, denn es wirkte im Allgemeinen ein sanfter Druck wie ein grosser, ein härterer dagegen wie ein geringerer Abstand der Inductionsrollen.

An die Beschreibung des Verfahrens, die sensiblen Nerven zu reizen, schliesse ich noch eine vielleicht nicht ungehörige Bemerkung an. Oft hat man bemerkt, dass an Thieren, denen die Grosshirnlappen abgetragen waren, die Reflexe regelmässiger als bei Erhaltung der genannten Theile eintraten. Um deshalb die Wirkungen der sensiblen Reize von den Zufälligkeiten unabhängig zu machen, die innerhalb des grossen Gehirns auftreten können, durchschnitt ich in sehr vielen Fällen das Hirn vor den Vierhügeln durch zwei Trepanöffnungen, die in den Schädel gebohrt waren. Nach dieser Operation bin ich jedoch nicht in die Lage gekommen, mehr als ohne dieselbe zu sehen. Darum habe ich diese Complicationen des Versuches später ganz unterlassen. Hiermit soll nicht gesagt sein, dass es bei einer Verschärfung der Beobachtungsmittel auch künftighin unmöglich wäre, durch den genannten Eingriff neue Beziehungen

zwischen dem Rückenmark, dem Gehirn und den Gliedmassen aufzudecken.

f. Bei dem Auftreten der reflectorisch ausgelösten Bewegungen wurde beobachtet: der ergriffene Ort, ob Beugung oder Streckung oder ein Wechsel beider eintrat, wie stark und wie oft wiederholt die Zuckungen erschienen. Auf diese Beobachtungen musste ich mich beschränken, einestheils weil sie genügend sind, um die Aufmerksamkeit vollauf zu beschäftigen, dann aber darum, weil beim gegenwärtigen Standpunkt unserer Einsicht in die Mechanik der Glieder zu einer weitergehenden Zerlegung der Bewegungen die Präparation einzelner Muskeln nothwendig gewesen, von der jedoch wahrscheinlich bedeutende Nachtheile für die Reizbarkeit der sensiblen Nerven zu fürchten waren. Das Bestreben, die Methode der Rückenmarksversuche zu verbessern, wird somit an dieser Stelle einen dankbaren Angriffspunkt finden.

g. Nachdem diese Beobachtungsreihen an dem Thiere, das bis dahin noch auf dem Operationsbrete lose angebunden lag, ausgeführt waren, wurde dasselbe entfesselt auf den Boden gestellt und nun beachtet, wie das Kaninchen seine hinteren Beine beim Sitzen, Laufen und Springen benutzte. Auch jetzt wurden, vorausgesetzt, dass sie von selbst ausblieben, durch Druck auf verschiedene Körperstellen Bewegungen eingeleitet. Nahmen bei diesen die hinteren Gliedmassen ungewöhnliche Stellungen an, so ward versucht, sie in die normale Lage zu bringen und der Widerstand geschätzt, den sie leisteten. Bei der Beurtheilung der Tracht, welche den hinteren Gliedmassen und insbesondere dem Becken nach der Operation eigen ist, darf man nicht vergessen, dass durch die letztere der Rückgratstrecker verletzt wurde; sonach ist eine Senkung des Hintertheiles selbstverständlich.

h. Da durch *Fick, Engelken* [1] und *Dittmar* [2] die angezweifelte Irritabilität des Rückenmarkes wieder in ihre Rechte eingesetzt war, so schien es mir geboten, den Versuch mit einer Reizung des Halsmarkes unmittelbar unter dem calamus scriptorius zu beschliessen. Zu dieser Abtheilung meiner Beobachtun-

---

1) *Du Bois* u. Reicherts Archiv 1867. — *Sigm. Meyer*, Pflügers Archiv I. Bd. — *Fick* ibid. II. Bd.

2) Diese Berichte 1870.

gen schritt ich in der Regel 5 Stunden nach vollbrachter Durchschneidung des Lendenmarkes, ein Zeitraum, der genügend, zugleich aber auch nothwendig ist, damit sich das Thier von den Erschütterungen der Operation erholen konnte. Das Leben auf längere Zeit zu erhalten, musste mir als überflüssig erscheinen, seitdem ich bemerkt hatte, dass die Empfindlichkeit und die Bewegungen der Thiere 24 Stunden nach der Operation keine andere als 5 Stunden nach derselben geworden waren. Lässt man aber das Thier noch länger am Leben, so steht zu fürchten, dass das Bild der functionellen Störungen, welches die willkührlich gesetzte Zerstörung der Markstränge hervorgerufen hat, durch andre getrübt werde, die durch pathologische Aenderungen bedingt werden. Schon fünf Tage nach der Operation sah ich in der Umgegend des Schnittes zwischen die Nervenröhren Fetttröpfchen und Körnchenzellen eingesprengt, deren Anwesenheit nicht ohne Folgen für die Leistungsfähigkeit des Rückenmarkes bleiben kann.

Vor der Durchschneidung des Halsmarkes wurde durch die schon vorher angelegte Luftröhrenfistel die künstliche Athmung eingeleitet. Ohne diese Vorsorge wird man voraussichtlich die Tetanisirung des Markes oft genug wirkungslos finden, da sich die nervösen Centren sehr bald nach dem Erlöschen ihres Blutstromes gelähmt zeigen.

Um für die später mitzutheilenden Beobachtungen an Thieren mit verstümmeltem Lendenmarke einen Vergleichungspunkt zu gewinnen, habe ich zuerst die Erscheinungen festgestellt, welche die Tetanisirung unterhalb des calamus scriptorius in den hinteren Extremitäten hervorruft. Sie bestehen in rasch aufeinander folgenden Streckungen und Beugungen, ähnlich nach Form und Stärke denjenigen, die bei einem kräftigen Sprunge erzeugt werden. Diese, den Anschein der Coordination tragenden Bewegungen werden um so kräftiger, je länger man mit selbst schwachen und beschränkten Reizen das Mark angreift. In derselben Weise wie das oberste Ende verhält sich fast das gesammte Halsmark, indem man gewöhnlich bis zum Austritt des sechsten Halsnerven herabgehen kann, ehe die sprungartigen Bewegungen durch einen Strecktetanus verdrängt werden. Aus der Art der Bewegungen geht unmittelbar hervor, dass sie nicht durch Schleifen des Stromes erklärt werden können, die sich von den Electroden aus bis in das Sacralgebiet erstreckt hätten.

Zu einem solchen Verdachte ist ohnehin keine Veranlassung, da die Ströme immer schwach genommen und die Spitzen, welche sie zuführten, nur wenige Millimeter aus einander gestellt wurden. — Das Auftreten der geordneten Bewegungen kann beim Kaninchen auch nicht aus Reizungen sensibler Nerven erklärt werden, welche in der Nähe der tetanisirten Orte verlaufen. Dieses verbietet sich darum, weil, wie *Owsjanikoff* in einer der folgenden Abhandlungen dieses Heftes zeigen wird, unterhalb des verlängerten Markes der Kaninchen überhaupt keine Reflexe erzeugt werden können, welche den so eben beschriebenen Bewegungen gleichen. Seine Angaben muss ich nach oftmaliger Wiederholung um so mehr für richtig halten, als es mir nicht gelungen ist, die Reflex-Erregbarkeit des Rückenmarkes der Kaninchen durch Reizung der n. splanchnici zu erhöhen. Da bekanntlich nach der Zerschneidung des Markes unterhalb der Rautengrube der arterielle Blutdruck sehr tief absinkt, so lag der Verdacht nahe, dass die Erregbarkeit des Rückenmarkes vermindert sei, weil der Blutstrom durch dasselbe nur noch sehr unvollkommen erhalten geblieben. Um diesen Einwand zu beseitigen, legte ich beiderseits an den nervus splanchnicus gut isolirte Electroden und durchschnitt darauf das obere Ende des Halsmarkes. Nachdem dieses ohne jeden nennenswerthen Blutverlust geschehen war, reizte ich die n. splanchnici mit Inductionsströmen, die gerade stark genug waren, um die Quecksilbersäule eines Manometers, welches mit der a. carotis in Verbindung stand, wieder auf die Höhe zu bringen, auf der es vor der Durchschneidung des Halsmarkes gestanden hatte. Trotzdem, dass sich der Blutdruck durch länger als eine halbe Stunde hindurch auf dieser Höhe erhielt, nahmen die von den Gliedmassen auszulösenden Reflexe keine andere als die von *Owsjanikoff* beschriebene Gestalt an. Da unter diesen Bedingungen der Blutstrom durch das Rückenmark nicht schwächer als vor dem Schnitte unter der Rautengrube sein konnte, so dürfen die geringen reflectorischen Wirkungen des Rückenmarkes keines Falls aus einer mangelhaften Durchtränkung mit Blut abgeleitet werden.

Den bisherigen Mittheilungen entsprechend scheint es also bewiesen zu sein, dass in dem oberen Theile des Halsmarkes der Kaninchen irgend welche Einrichtungen vorliegen, durch deren tetanische Erregung geord-

nete Bewegungen in den hinteren Extremitäten hervorgerufen werden.

Bei einer sorgfältigen Benutzung der unter den Buchstaben *e.* bis *h.* aufgezählten Hülfsmittel musste es gelingen, über die Leitungsbahnen des Rückenmarkes einen genügenden Aufschluss zu erhalten. Man hätte darum auf andere, selbst wenn sie zu Gebote ständen, verzichten können; in Wahrheit aber scheint mir auch mit den aufgezählten der Kreis der möglichen abgeschlossen zu sein. Denn die öfter angeführten Beweise aus dem Vorhandensein der bewussten Empfindung und der willkührlichen Bewegung scheinen mir hinfällig, weil uns jedes Kennzeichen für diese beiden letzteren am Thiere fehlt. Der Nachweis dafür, dass eine wahre Empfindung in Folge eines Reizes eingetreten sei, oder dass eine Bewegung von der Willkühr angeregt worden, kann selbstverständlich nur durch das eigene Bewusstsein oder günstigsten Falls noch durch die Sprache geliefert werden. Darum muss, so scheint es, bei Thieren jeder Ausdruck vermieden werden, der den Anschein gewährt, als ob man von jenen in keiner Weise festzustellenden Kennzeichen Gebrauch gemacht habe.

i. Nach dem Tode des Versuchsthieres habe ich auf die Section des verletzten Marktheiles und die objective Darstellung ihrer Ergebnisse eine ganz besondere Sorgfalt verwendet. Unmittelbar nach dem Tode wurden mehrere Wirbelbogen, die oberhalb und unterhalb der operirten Stelle lagen, aufgebrochen und ein grösseres Stück des Markes mit aller mir zu Gebote stehenden Vorsicht entfernt. Das Präparat wurde zunächst 24 Stunden in starkem Alcohol und dann in einer zweiprocentigen Lösung von chromsaurem Ammoniak gehärtet. War es dort schnittreif geworden, so wurde es mit Paraffin in ein Schiebermikrotom eingegossen und dann Schnitt um Schnitt zerlegt. Der photographischen Abbildung kommt es zugute, wenn das Präparat bis zur gleichmässigen Färbung in dem chromsauren Ammoniak liegen bleibt. Die einzelnen Schnittchen wurden auf Glasplatten ausgebreitet und mit Hülfe des Mikroskopes dasjenige ausgesucht, in welchem der Schnitt am weitesten vorgedrungen war, in welchem also die geringste Masse des Markes sich erhalten zeigte. Von diesem Präparate grösster Verletzung wurde nun eine photographische Aufnahme bei etwa fünfundzwanzigfacher Vergrösserung gemacht. Nur auf diese Weise schien es mir möglich, eine

grössere Zahl von Beobachtungen mit Sicherheit vergleichen zu können. Das Uebergewicht, welches der Vergleichung neben einander gelegter im Gegensatz zu derjenigen nach einander betrachteter Präparate zukommt, leuchtet um so mehr ein, als die Topographie des querdurchschnittenen Rückenmarkes nicht ausgebildet genug ist, um den Unterschied der Verstümmelung zweier verschiedener Präparate mit unzweideutigen Ausdrücken zu bezeichnen. Hiezu kommt, dass die objective Darstellung des Resultates der Section auch dem kritischen Leser zu Gute kommt. — Wenn dieser bei der Betrachtung der Figuren daraus einen Tadel erheben wollte, dass die beabsichtigte Ausdehnung des Schnittes nicht immer mit derjenigen zusammenfällt, die das Lendenmark in der That erlitten hat, so mag er bedenken, dass die kleinen Dimensionen des Kaninchenmarkes das Einhalten der gewünschten Schnittrichtungen weit schwieriger machen als das Erkennen des Fehlers an dem so bedeutend vergrösserten Bilde.

Die Beobachtungen, die ich in den folgenden Abschnitten dieser Abhandlung vorlege, sind nur einzelne Beispiele aus einer sehr grossen Versuchsreihe. Jegliche der Beobachtungen, deren ich Erwähnung thue, ist vielmals und immer mit demselben Resultate wiederholt worden, welche in den Aufzeichnungen niedergelegt sind, die das der Figur gegenüberstehende Blatt enthält.

Bei der kurz gefassten Darstellung meiner Versuche werde ich jedesmal zwei sich gegenseitig ergänzende Reihen einander gegenüber stellen. In der einen derselben war ein gewählter Abschnitt des Markes zerstört. In der anderen dagegen war dieselbe Abtheilung unversehrt erhalten, dafür aber diejenige Abtheilung durchschnitten, welche in der ersten Beobachtungsreihe geschont worden.

Die Sicherheit, mit welcher die Schutzmesserchen eingestellt werden konnten und die Ruhe, mit welcher die Durchschneidung des Markes zu vollenden war, machten es möglich, auch bei verschiedenen Thieren die Verletzungen analoger Stellen beliebig oft herbeizuführen.

Da die Erfolge bei allen sorgfältig angestellten Versuchen unter einander im vollsten Einklang stehen, so erscheint es unnöthig, die Sectionsergebnisse und die Aufzeichnungen des physiologischen Verhaltens für alle wiederzugeben; es genügt, aus

jeder Schaar gleichartiger Verletzungen je nur einen Fall vorzulegen. Für die Wahl, welche ich getroffen, wirkte in erster Linie bestimmend die Deutlichkeit des photographischen Bildes, welche das Präparat geliefert hatte.

1. Die erste Gruppe von Beobachtungen, welche ich vorlege, beschäftigt sich mit den Theilen des Markes, welche in der Mitte des zwanzigsten Wirbels (letzter Brustwirbel) zerstört werden können, ohne dass hierdurch eine der Beziehungen getrübt wird, die durch das Rückenmark hindurch zwischen den sensiblen und motorischen Nerven bestehen, die oberhalb und unterhalb des verletzten Querschnittes entspringen. Die Theile, welche in einem beschränkten Abschnitt ihrer Länge quer zerschnitten werden können, ohne dass eine sichtbare Einbusse in dem reflectorischen Zusammenhang zwischen der unteren und der oberen Körpermasse, oder eine Störung im Sitzen, Laufen und Springen eintritt, sind: die weissen Hinter- und Vorderstränge und die ganze graue Masse. Hierüber belehrt uns nicht allein die Versuchsreihe, welche durch Tafel I mit den zugehörigen Aufzeichnungen vertreten ist, sondern auch die in Tafel II dargestellte, welche als das Gegenstück der ersteren erscheint. Denn während sich nach der Wegnahme der weissen Hinter- und Vorderstränge und der grauen Masse alle Erregungen, die oberhalb oder unterhalb des Schnittes in das Mark eintraten, ohne bemerklichen Unterschied gegen den unverletzten Zustand durch den verstümmelten Theil hindurch fortpflanzten, war dieses auch nicht einmal spurweise mehr der Fall, nachdem die weissen Vorder- und Hinterstränge und der centrale Theil der grauen Masse erhalten geblieben war.

Da man bisher bei der Leitung der Erregungen, die auf längere Strecken nach der Längenachse des Markes verlaufen, den hinteren und vorderen weissen Strängen eine hervorragende Rolle zugeschrieben hat, so erscheint es nicht überflüssig, das eben gewonnene Ergebniss durch eine zweite Versuchsreihe zu bestätigen. Sie ist in den Tafeln III, IV, V, und in den ihnen beigefügten Aufzeichnungen dargestellt. Bei ihr sollten die Hinter- und Vorderstränge mit möglichster Schonung aller übrigen Theile thunlichst vollständig zertrennt werden. Mit Hülfe geneigter Messer lässt sich dieses an den Hintersträngen, wie Tafel III zeigt, leicht ausführen. Die weissen Vorderstränge konnte ich dagegen nicht anders als in Verbindung mit einem

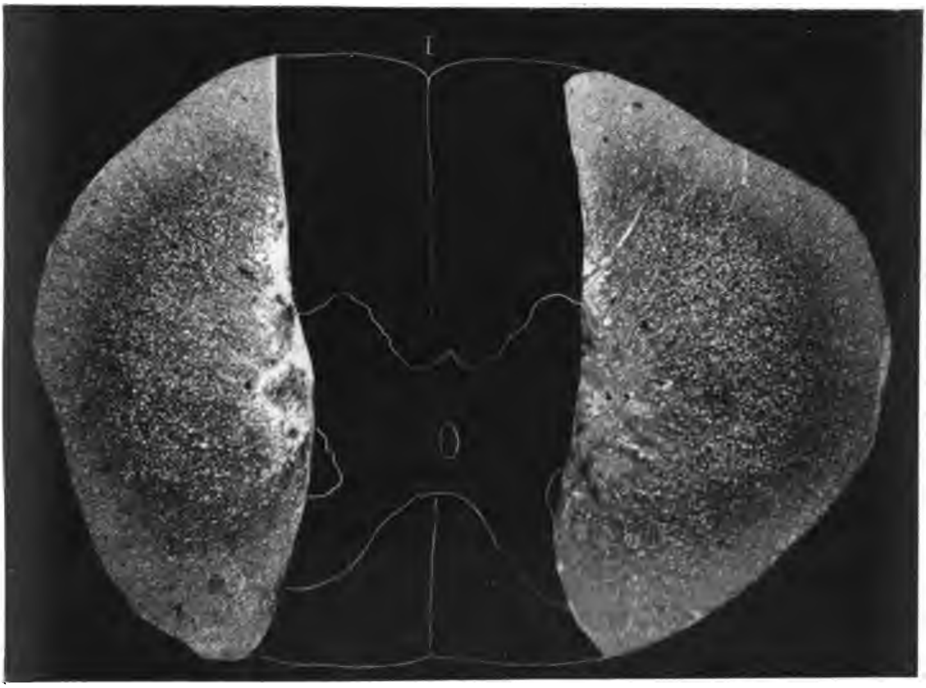
Tafel I.

Innerhalb des letzten Brust-Wirbels sind durchschnitten die beiden weissen Hinter- und Vorderstränge. Von den weissen Seitensträngen ein Theil des Abschnittes derselben, welche in die seitlichen Einbuchtungen der grauen Masse hineinragen, endlich die ganze graue Masse.

Jeder starke Druck auf einen der beiden Hinterfüsse ruft lebhafte Bewegungen in allen Gliedmassen hervor, dasselbe geschieht nach Reizung der Vorderfüsse.

Das losgebundene Thier unterstützt sich beim Sitzen mit allen vier Extremitäten. Nach einem stärkeren Druck auf einen beliebigen Fuss, die Ohren oder den Schwanz läuft und springt das Thier fort. Eine Stunde nach der Entfernung vom Operationsbret läuft und springt das Thier wie ein unversehrtes.

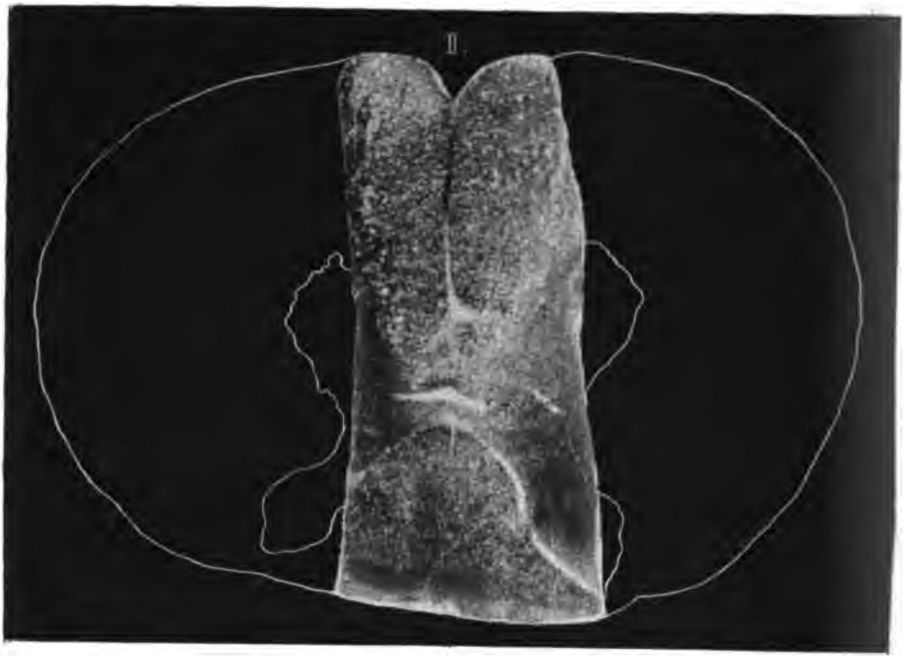
Mässige Tetanisirung auf dem Querschnitte des Rückenmarkes unmittelbar unter dem calamus scriptorius ruft anfangs springende Bewegungen und später krampfhafte Beugungen beider Beine hervor.



Zur Abhandlung von Dr. Woroschiloff.

Königl. Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig.

Lichtdruck v. Römmler & Jonas. Dresden.



II.

Tafel II.

Innerhalb des letzten Brust-Wirbels sind durchschnitten beiderseits die weissen Seitenstränge und ein Theil der seitlichen Vorsprünge beider grauen Hörner, auf der linken Seite mehr als auf der rechten.

Electrische Reizungen.

Hinterpfoten.

Rollen-abst.	Linke Seite.	Rollen-abst.	Rechte Seite.
37	Schwache Zuckungen im linken Bein.	39/25	Schwache Zuckungen im rechten Bein.
27	Stärkere Zuckungen im linken Bein.		
26	Bedeutende Beugung in beiden Beinen.		

Beim Druck auf je eine der Hinterpfoten erscheinen nur schwache Zuckungen in dem entsprechenden Beine. Durch einen Druck auf die Vorderpfoten werden lebhafte Bewegungen in den Armen, in den Gesichts-, Brust- und Bauchmuskeln, niemals aber in den Beinen bewirkt.

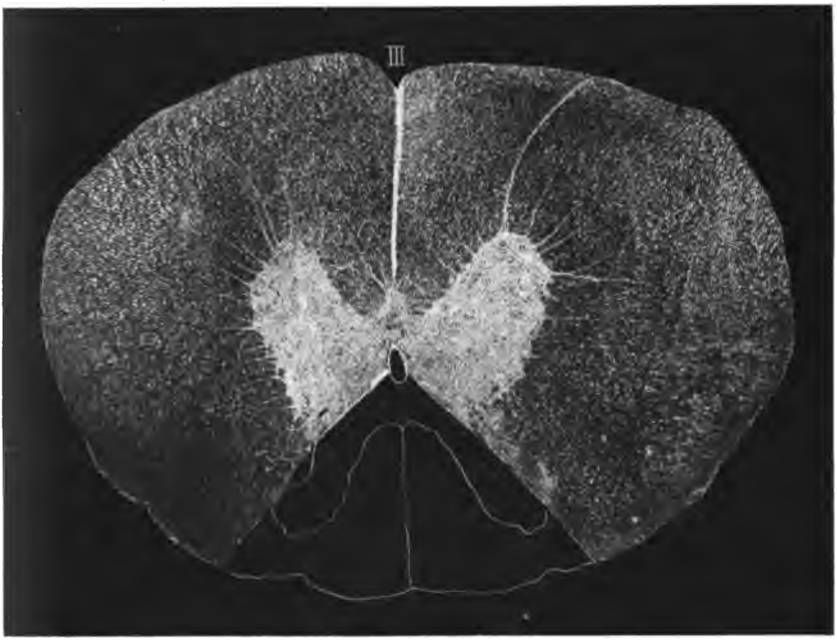
Die Tetanisirung auf dem Querschnitte des Rückenmarkes unmittelbar unter dem calamus scriptorius ruft keine Bewegungen in den Beinen, wohl aber in allen anderen Skeletmuskeln hervor.

Tafel III.

Innerhalb des letzten Brust-Wirbels sind durchschnitten die weissen Hinterstränge, die hintern grauen Hörner und die hintere Commissur.

Das losgebundene Thier bewegt sich beim Laufen und Springen wie ein unverletztes. Die Empfindlichkeit ist überall vorhanden; Hyperästhesie zeigt sich nirgends.

Diese Beobachtung lehrt welche Trennungen durch zwei gegeneinander geneigte Messerchen zu erreichen sind.


III

bedeutenden Theil der weissen Seitenstränge zum Ausfall bringen.

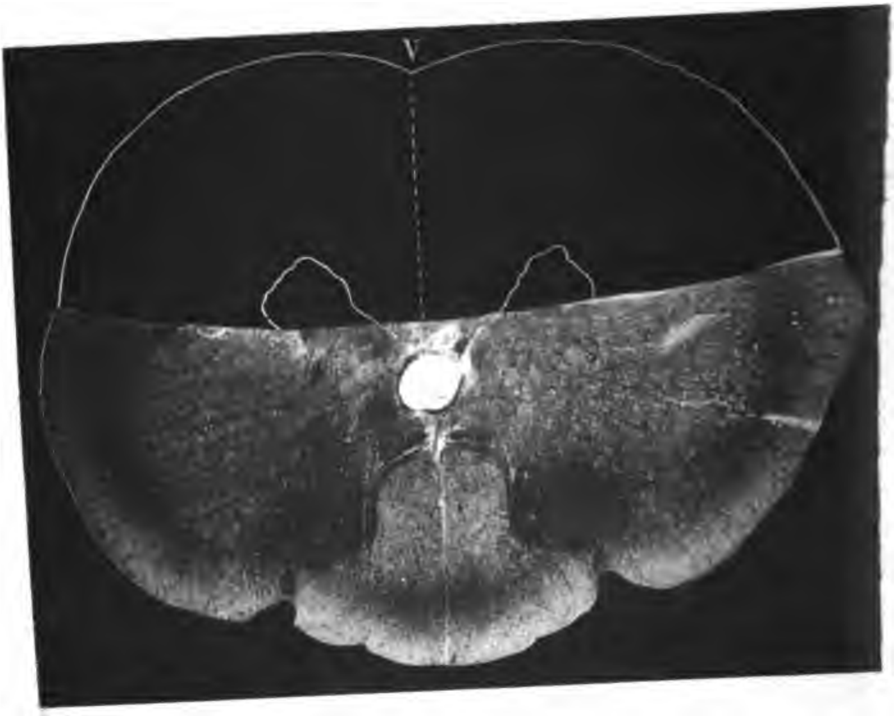
Nach einer Verletzung der weissen Hinterstränge, wie sie die Tafel III abbildet, lässt sich durch keins der von mir angewendeten Prüfungsmittel auch nur der geringste Unterschied des verstümmelten und des unversehrten Thieres nachweisen. Um ein weniges anders stellen sich die Erscheinungen, wenn mit den weissen Hintersträngen auch das hintere Fünftel der Seitenstränge zerstört wird. In diesem Falle werden zwar die Reizungen sensibler Nerven an jedem beliebigen Orte durch die Muskeln aller Körpertheile beantwortet und das Thier gebraucht auch beim Sitzen, Laufen und Springen die beiden hinteren Extremitäten, aber es geschieht dieses Letztere nicht mehr genau so wie vor der Verstümmelung. Denn jetzt erscheint die Streckbewegung des Beines im Gegensatz zu der Beugung desselben beeinträchtigt.

Wenn aber, wie in Tafel V, gleichzeitig mit der Zerstörung der weissen Vorder- auch die Theile der weissen Seitenstränge durchtrennt sind, welche von der vorderen Commissur aus nach vorn hin liegen, so leitet die Sprungbewegung nach einer anderen Richtung hin. Das Ebenmass, welches in der Contraction der Muskeln besteht, die sich an dem Springen betheiligen, hat sichtlich gelitten. Dieses prägt sich dadurch aus, dass die Stösse, die der Rumpf von Seiten der Streckmuskeln empfängt, ungewöhnlich stark ausfallen.

Immerhin ist es eine sehr überraschende Thatsache, dass nahezu die vordere Hälfte des gesammten Markes durchschnitten sein kann, und dass trotzdem die Antriebe zu Bewegungen, welche von dem Gehirne ausgehen, in die Nerven der Beine so ungestört überzugehen vermögen, wie es in der That der Fall ist. Somit bestätigt denn auch die Versuchsreihe, welche nach dem Vorbild der III., IV. und V. Tafel angestellt war, die in Tafel I und II vorgeführte, wonach in den weissen Hinter- und Vordersträngen, ebenso wie in der grauen Masse, keine Leitungsbahnen enthalten sind, welche wir als lange oder mit anderen Worten als solche bezeichnen können, durch die der functionelle Zusammenhang des Hirnes mit den aus dem Rückenmark entspringenden Nerven bedingt ist.

Im Gegensatz zu den langen — den Hirn-Rückenmarksbahnen — enthalten jene Theile dagegen offenbar kurze Verbindungs-

IV


V

Tafel V.

Innerhalb des zwanzigsten Wirbels ist das vordere Drittel des Rückenmarkes unmittelbar vor der vorderen Commissur durchschnitten.

Eine Mittelstärke der mechanischen oder electrischen Reizung der Vorder- und Hinterpfoten ruft lebhafte und coordinirte Bewegungen in allen Gliedmassen hervor.

Das losgebundene Thier unterstützt sich beim Sitzen mit allen Extremitäten. Nach einem Druck auf die Ohren, die Füsse oder den Schwanz läuft oder springt es davon. Der Stoss der Hinterpfoten, welchen es sich beim Springen ertheilt, scheint stärker als bei einem unversehrten Thiere zu sein.

Tetanisiren auf dem Querschnitt des Markes unmittelbar unter dem calamus scriptorius ruft lebhafte Bewegungen in den Armen und springende in den Beinen hervor.

wege, durch welche die einzelnen in nächster Nähe von einander entspringenden Nervenwurzeln mit einander verknüpft sind. Schon die anatomischen Erfahrungen beweisen dieses unwiderleglich, und nicht minder geschieht dieses durch den vivisectorischen Versuch. Denn wenn man Zerschneidungen der hinteren und vorderen weissen Stränge nach dem Muster von Tafel IV und V im Bereiche der unteren Lendenwirbel vornimmt, so hört die Bewegung der Beine ganz auf; namentlich aber die eines Beines, wenn sich der Schnitt nur auf eine der beiden Seiten beschränkt hat.

Bevor ich in der Darlegung meiner Versuche weiter gehe, sei es mir gestattet, die Gründe zu berühren, auf welchen wie mir scheint die Abweichungen zwischen meinen und den Beobachtungen so vieler anderer Experimentatoren beruhen. Durch eine Besprechung derselben dürfte für die Aufklärung des wahren Sachverhaltes mehr gethan sein, als durch die Wiederholung der den meinen entgegenstehenden Behauptungen, denn diese sind ohnehin so oft und so erschöpfend vorgetragen, dass sie jedem Sachverständigen bekannt sein dürften.

Von vorne herein wird man ohne weitere Einsprache zugeben, dass die Resultate, welche nach den partiellen Durchschneidungen des Markes innerhalb der letzten Brustwirbel gewonnen sind, nicht zusammengestellt werden können mit denjenigen, welche nach scheinbar entsprechenden Verletzungen anderer weit entfernt liegender Markprovinzen erhalten wurden. Aus eignen Erfahrungen, auf die ich ein andres Mal zu sprechen komme, ist mir bekannt, dass die Durchschneidung der Vorderstränge und der grauen Masse innerhalb der Hals- und Lendenwirbel mannigfach andere Folgen als die bedingt, welche nach der Zerstörung der gleichnamigen Stränge innerhalb der unteren Brustwirbel auftreten. Die Versuche anderer Beobachter können darum nur insoweit mit den meinen verglichen werden, als sie an demselben Orte angestellt wurden. Leider ist diese Vergleichung häufig unthunlich, da man öfter die an einem nicht näher angegebenen Orte vorgenommenen Zerstörungen ohne Weiteres als solche des Rückenmarkes überhaupt hinstellt.

Aber auch nach Ausscheidung der nicht vergleichbaren Beobachtungen bleiben mir noch zahlreiche Widersprüche zu schlichten. Diese scheinen mir hervorgerufen erstens durch die Methode der Schnittführung. Nach vielfachen Erfahrungen halte

ich es für unmöglich, dass man einen partiellen Querschnitt durch das Mark nach Willkühr beschränken, ja auch nur mit Sicherheit vollenden könne, wenn man sich zur Ausführung des Schnittes ausschliesslich des Messers oder der Scheere bedient. Dieses ergiebt sich aus bekannten Eigenschaften der Rückenmarksmasse. Denn die Gefässe und das Bindegewebe, welche sich nach dem Querschnitt des Markes ausbreiten, sind im Gegensatz zu den nervösen Bestandtheilen desselben sehr zähe und sowohl unter sich als auch mit den Nervenfasern und Ganglienzellen innig verbunden; das Nervenmark ist sehr klebrig und bindend, und endlich die Befestigung des Rückenmarkes an seiner Umgebung zu gering, als dass sie dem Zug, welchen auch ein scharfes Messer bei seinem Gang durch das Rückenmark übt, einen genügenden Widerhalt bieten könnte. Bedenkt man dieses, so wird man in der vorhin ausgesprochenen Bemerkung keine Anklage gegen die Sorgfalt des Beobachters finden, trotzdem dass man ihre Richtigkeit zugestehen muss. Um wie viel vortheilhafter stellt sich Alles unter der Einführung des Schutzmessers. Dieses wird so eingesenkt, dass die Fläche der Klinge mit der Längenachse des Markes parallel läuft, mithin in einer Richtung, nach welcher sich das letztere sehr leicht spalten lässt. In seiner Stellung wird es unverrückt fest gehalten, somit ist nun dem quer zerschneidenden Messer ein sicherer Widerhalt gegeben, so dass es in keiner Weise zerrend auf die jenseits des Schutzmessers liegenden Theile wirken kann. Zugleich wird durch das letztere dem Uebertritt von ergossenem Blute in die unversehrten Theile vorgebeugt, der ohne seine Anwesenheit kaum zu vermeiden ist. Zur Bestätigung der Vortheile, welche dies Schutzmesser gewährt, verweise ich ganz besonders auf die scharfen Schnittflächen, welche den von mir vorgelegten Präparaten eigen ist.

Bei der Unmöglichkeit, die Zerstörung in einem von vorne herein bestimmten Umfang zu begrenzen, wäre es nun geboten gewesen, die wirklich erreichte Ausdehnung derselben durch eine sorgfältige von dem Mikroskope überwachte Section festzustellen. Da schon *Miescher* die Bedeutung dieses Mangels gewürdigt hat, so ist es unnöthig, seine Folgen noch einmal hervorzuheben. Mir scheint es gewiss, dass weitaus die meisten der Widersprüche, welche zwischen den Ergebnissen der verschiedenen Beobachter bestehen, gar nicht entstanden sein würden,

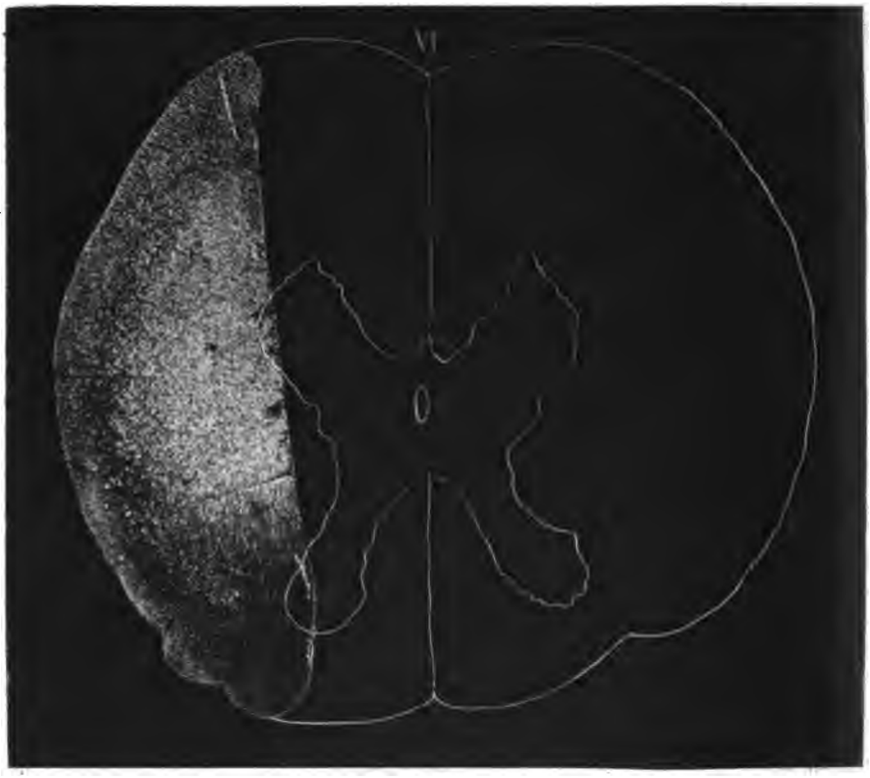
wenn die functionellen Störungen von Verletzungen des Markes abgeleitet worden wären, die das Mikroskop erkannt hätte. — Da dieses, obwohl es seit den Untersuchungen von *B. Stilling* möglich war, nicht geschah, so ist es auch kaum gestattet, auf die Uebereinstimmung gewisser Resultate einen besondern Werth zu legen. So könnte man es u. A. als eine willkommene Erscheinung begrüssen, wenn *Schiff*[1]) angiebt, dass nach einer Durchschneidung aller vor dem Centralkanal gelegenen Marktheile sich die coordinirten Bewegungen unversehrt erhalten hätten. Aber diese Befriedigung verschwindet, wenn man unmittelbar danach liest, dass die genannten Bewegungen, wenn auch geschwächt, noch vorhanden gewesen, nachdem auch noch die anwesenden Reste der Seitenstränge und der anliegende Theil der grauen Masse weggenommen waren.

In wie weit die so eben angestellten Betrachtungen das Wahre treffen, werden zukünftige Beobachtungen lehren, die von exacten Methoden Gebrauch machen. Auf ihre Anwendung darf man um so berechtigtere Hoffnungen setzen, als im Gegensatz zu der früheren Unbestimmtheit nun durchweg zwischen den Versuchen Uebereinstimmung herrscht, die sich bei der Durchschneidung der Schutzmesser und bei der Zergliederung des verletzten Markes des Mikroskopes bedient haben.

2. Meine bis dahin vorgelegten Beobachtungen bestätigen und erweitern die Angaben von *Miescher, Nawrocki* und *Dittmar,* denn von nun an sind wir darauf hingewiesen, die Bahn, welche das Gehirn mit allen Nervenwurzeln verbindet, in dem Seitenstrange zu suchen. Dafür, dass sie hier in der That liegt, bürgen die Beobachtungen, in welchen nach dem Muster von Tafel VI und VII der Durchschnitt des Markes unternommen wurde. In der Versuchsreihe, die nach dem Beispiele der VI. Tafel ausgeführt wird, sind alle Theile des Markes mit Ausnahme des weitaus grössten Theiles eines der beiden Seitenstränge zerstört worden. Nach dieser Verletzung, welche, wie besonders zu beachten, die gesammte graue Masse betroffen hat, können durch Reizungen der beiden Hinterpfoten Bewegungen in dem Vordertheile des Körpers ausgelöst werden. Die Stärke der Reizung jedoch, welche hiezu nöthig ist, muss sich auf beiden Seiten sehr verschieden verhalten, denn während nur durch

---

1) *J. M. Schiff,* Muskel- und Nervenphysiologie. Lahr 1858—59. 282.


VI

Tafel VI.

Innerhalb des letzten Brust-Wirbels ist das ganze Mark mit Ausnahme des weissen Seitenstranges auf der linken Seite zerstört.

Linke Hinterpfote. Schwache Drücke bewirken eine starke Beugung des linken Beines; eine Verstärkung des Drucks bewirkt ausserdem noch ein schwaches Zucken der Arme.

Rechte Hinterpfote. Schon sehr schwache Berührung derselben bewirkt eine lebhafte Bewegung der Arme und Beugung der Beine, die jedoch im linken viel stärker als im rechten ist.

Electrische Reizungen rufen die entsprechenden Erscheinungen hervor.

Das losgebundene Thier unterstützt sich beim Sitzen mit den beiden Armen und dem linken Bein; das rechte bleibt in der Lage, welche es von aussen her empfangen hat.

Drücke auf die rechte Hinterpfote und den Schwanz bedingen Fluchtbewegungen. Bei diesen arbeitet das Thier mit den beiden Armen und dem linken Bein, das rechte wird nachgeschleppt. Die Bewegungen des linken Beins sind zwar denen der Arme coordinirt, aber von der Art, dass durch sie das Becken des Thieres nicht vom Boden erhoben wird.

Auch durch einen Druck auf alle anderen Pfoten werden Fluchtbewegungen eingeleitet, doch gehört hierzu ein viel stärkerer Eingriff als auf die rechte Hinterpfote und den Schwanz.

Die Tetanisirung auf dem Querschnitte des Rückenmarkes unmittelbar unter dem calamus scriptorius ruft anfangs nur Bewegungen in den Armen und Beugungen in dem linken Bein hervor. Bei andauernder Reizung treten hiezu schwache Beugungen und Streckungen in dem rechten Bein und endlich gleichzeitige und gleichmässige stossartige Bewegungen in den beiden Beinen, die allmählig in dem linken in eine Beugung aller Gelenke übergeht, während das rechte Bein in Ruhe versinkt.

Tafel VII.

Innerhalb des neunten Brust-Wirbels ist der rechte Seitenstrang durchschnitten. Die Abtheilung desselben, welche sich in die seitliche Ausbiegung der grauen Masse hineinerstreckt, ist jedoch erhalten geblieben.

Electrische Reizungen.

Hinterpfoten.

Rollen-abst.	Rechte Seite.	Rollen-abst.	Linke Seite.
40	Keine Wirkung.	39	Keine Wirkung.
39	Starke Bewegungen in allen Körpertheilen.	38	Zuckungen im linken Bein.
		35	Stärkere Zuckungen im linken Bein.
		29/27	Sehr starke Beugung im linken Bein.
		26	Starke Beugung in beiden Beinen und Bewegung in dem rechten Arme, Ruhe in dem anderen.
		20	Dasselbe.

Starker Druck oder das Einstechen einer Nadel giebt vom linken Hinterfuss aus nur Bewegungen in dem entsprechenden Bein. Schwacher Druck auf den rechten Hinterfuss bedingt starke Bewegungen in allen Gliedmassen.

Druck auf die Vorderpfoten giebt Bewegungen in den Armen und Beugungen anfangs im linken und nachher im rechten Bein.

Das losgebundene Thier sitzt, läuft und springt wie ein unversehrtes mit der einzigen Ausnahme, dass das rechte Bein weniger vollkommen als das linke eingreift. Die rechte Beckenseite steht beim Sitzen niedriger als die linke und beim Laufen schiebt es sich mit dem rechten Bein weniger stark als mit dem linken fort.

sehr starke Reizungen der Hinterpfote, welche auf der Seite des unversehrten Seitenstranges liegt, schwache Bewegungen in den Armen erscheinen, können schon schwache Reize auf die Hinterpfote, welche der verletzten Markseite angehört, starke Bewegungen im Vorderkörper auslösen. Die Pfote auf der Seite des erhaltenen Stranges ist also dem gewöhnlichen Sprachgebrauch nach unter-, diejenige, welche auf der Seite des verletzten Stranges liegt, dagegen überempfindlich.

Die beiden eben gebrauchten Ausdrücke gelten jedoch nur insofern, als man die Reflexbewegungen im Auge behält, welche sich von den hinteren Extremitäten aus in den vorderen hervorrufen lassen. Nimmt man dagegen Rücksicht auf die Reflexe, welche von den Pfoten der hinteren Extremitäten in den Muskeln des Unter- und Oberschenkels hervorgerufen werden, so kehrt sich das Verhältniss um, denn es erscheinen auf der Seite des verletzten Stranges die genannten Bewegungen erst nach sehr starken, auf der Seite des erhaltenen Stranges aber schon nach schwachen Drücken, beziehungsweise electrischen Schlägen.

Wenn die empfindlichen Flächen der Vorderpfoten gereizt werden, so können hierdurch Reflexe nach den beiden Beinen zu Stande kommen, mit dem Unterschiede jedoch, dass die Bewegungen des Beines auf der Seite des verletzten Stranges viel schwächer sind als die, welche das Bein der unverletzten Seite ausführt. Dieser Unterschied, welcher sich hier in der Leitung der motorischen Erregungen vom Hirn zum Lendenmark ausdrückt, tritt noch schärfer hervor beim Sitzen und Springen. Bei der Ausführung dieser beiden Vorgänge benutzt das Thier ausschliesslich die Muskeln, welche auf der Seite des unverletzten Stranges befindlich sind, während es sich mit dem Bein der verletzten Seite beim Sitzen nicht unterstützt und beim Springen nicht fortschiebt. — Aus der Unbeweglichkeit, welche das Bein der verletzten Seite beim Sitzen und Springen zeigt, darf jedoch keineswegs auf einen totalen Verlust der coordinirten Bewegungen geschlossen werden. Dieses ergiebt sich daraus, weil die Reizungen sensibler Flächen der Vorderpfoten, wenn sie nur stark genug waren, auch das Bein der verletzten Seite in den Kreis der Bewegungen hineinzogen. Die Anwesenheit coordinirender Motoren empfängt eine weitere Bestätigung durch die Tetanisirung der oberen Abschnitte des Halsmarkes. So-

lange dieselbe unter Beihülfe eines grösseren Abstandes der beiden Rollen oder nur eine kurze Zeit hindurch unternommen ward, stellten sich die Bewegungen im Bereiche des Hinterkörpers nur in dem Beine der unverletzten Markseite ein; wurde dagegen der tetanisirende Strom verstärkt oder dauernd angesetzt, so erstreckten sich die Zusammenziehungen freilich nur schwächer und auch nur vorübergehend zugleich auf das Bein der verletzten Seite. Bemerkenswerther Weise erfolgten sie dann coordinirt mit denen der übrigen Gliedmassen; sie erloschen jedoch schon während des Tetanisirens, also zu einer Zeit, wo sie noch im andern Bein bestanden.

Den Erscheinungen, die wir nach Erhaltung nur eines Seitenstranges beobachten, sind diejenigen gleich, die nach Zerstörung eines Seitenstranges bei gleichzeitiger Erhaltung aller übrigen Marktheile sichtbar werden. Um die volle Uebereinstimmung zu erzielen, muss jedoch der Seitenstrang durchweg zerstört sein. Verhältnissmässig geringe, der grauen Masse zunächst liegende Reste desselben gewähren dem Beine der verletzten Seite ein merkliches Mehr an Bewegungen. Dieses wird durch eine Vergleichung der Aufzeichnungen, die zu Tafel VII mit denjenigen, welche zu Tafel VI gehören, sogleich erkannt werden.

3. Wenn es hiernach feststeht, dass in den Seitensträngen die sensiblen und motorischen Bahnen von den Wurzeln aus zum Hirn emporsteigen und zwar in der Art, dass der Seitenstrang einer jeden Markhälfte Reflex und Bewegungen erzeugende (sensible und motorische) für die beiden Beine führt, so blieb es doch unentschieden, ob diese mit verschiedenen Energieen begabten Faserungen überall gemischt verlaufen, oder ob sie sich nicht vielmehr auf verschiedene Orte vertheilen. Ganz abgesehen von dem topographischen Interesse, welches sich an die Beantwortung dieser Frage knüpft, gewinnt sie auch noch aus folgendem Gesichtspunkt Bedeutung. Da die sensiblen und motorischen Nerven kurz vor und unmittelbar nach ihrem Eintritt in das Rückenmark mit der grössten Sorgfalt von einander geschieden sind, so würde es mindestens auffallend sein, wenn sich die beiden Fasergattungen innerhalb ihres Verlaufes durch die Seitenstränge abermals so innig mischten, wie dieses in den Stämmen jenseits der Spinalganglien der Fall ist. Unter diesen Umständen könnte man zu vermuthen geneigt

sein, dass die Nervenfasern bei ihrem Durchgang durch die graue Masse noch mehr als nur die Anordnung nach verschiedenen Richtungen hin empfangen.

Die Lagerung, welche den Bahnen von verschiedener Energie in den Seitensträngen zukommt, war nur durch eine noch weiter gehende Zergliederung derselben zu erreichen. Diese habe ich dadurch in Angriff genommen, dass ich dieselben durch Schnitte zerlegte, welche theils parallel, theils senkrecht zur Halbirungslinie des Querschnittes verliefen. Da die grosse Masse des Seitenstranges keine augenfällige Gliederung besitzt, so will ich, um bei der Beschreibung meiner Versuche nicht jedesmal zu umständlich werden zu müssen, festsetzen, dass durch einen von rechts nach links in der Höhe des Central-Kanals geführten Schnitt der Seitenstrang in eine vordere und hintere Hälfte, durch zwei in der Höhe der beiden Commissuren gelegene Schnitte in ein vorderes, mittleres und hinteres Drittel zerfällt werde.

Die Resultate, welche ich aus den Versuchsreihen erhalten habe, in denen der Seitenstrang von hinten nach vorn zerlegt wurde, sind, soweit dieselben nicht schon in den Tafeln IV und V mitgetheilt wurden, in den Tafeln VIII bis XII enthalten.

In der Versuchsreihe, zu welcher Tafel VIII gehört, wurde nur die hintere Hälfte eines Seitenstranges erhalten. Nach dieser ausgebreiteten Verstümmelung konnten durch empfindliche Eingriffe auf die Pfote der noch nicht vollkommen verletzten Seite nur noch Reflexe in beiden Beinen erzielt werden. Von der Seite, auf welcher der Seitenstrang vollkommen zerstört war, liessen sich dagegen mit Leichtigkeit auch Bewegungen im Vordertheil des Thieres hervorrufen. Wenn das Kaninchen sich selbst überlassen wurde, so hing das Bein der Seite, welche keinen Seitenstrangrest mehr enthielt, gelähmt herab, während sich das andere activ ausstreckte und dem Versuche, es zu beugen, Widerstand leistete. Durch die Tetanisirung des Halsmarkes wurde das Bein unterhalb des vollkommen zerschnittenen Seitenstranges nicht zu den geringsten Bewegungen veranlasst, indess sie hierdurch auf der Seite des theilweise erhaltenen Stranges kräftig und sprungartig eintraten.

Im Versuche IX, wo die Theile des Seitenstranges vorhanden waren, welche in VIII fehlten, waren die Reflexe, welche von den Hinterpfoten ausgelöst wurden, ähnlich den in VIII

Tafel VIII.

Innerhalb des neunzehnten Wirbels ist das ganze Mark mit Ausnahme der hinteren Hälfte des rechten Seitenstranges und eines Theiles des anliegenden Hinterhorns durchschnitten.

Electrische Reizungen.

Hinterpfoten.

Rollen-abst.	Rechte Seite.	Rollen-abst.	Linke Seite.
34	Ohne Wirkung.	37	Ohne Wirkung.
33	Zuckungen im rechten Bein.	36/35	Zuckungen im linken Bein.
32	Beugungen in demselben.	34	Wiederholte Beugung im linken und Zuckung im rechten Bein.
30/25	Beugungen im rechten und schwache Zuckungen im linken Bein.	33	Wiederholte Beugung in den beiden Beinen, nur schwache Zuckungen in den Armen.
		30	Kräftiges Anziehen der beiden Beine und kräftige Bewegung in den Armen.

Schwacher Druck auf die linke Hinterpfote ruft lebhafte und starke Bewegungen in den Armen, aber nur schwache Beugungen im rechten Bein hervor. Ein sehr starker Druck auf die rechte Hinterpfote und das Einstechen einer Nadel in dieselbe giebt blos schwache Zuckungen am rechten Bein.

Während der Zeit, in welcher keine Reizungen stattfinden, ist das rechte Bein gestreckt; beim Versuche es zu beugen leistet es einen Widerstand.

Die Tetanisirung auf dem Querschnitte des Rückenmarkes unter dem calamus scriptorius ruft bei Rollenabstand 30 Bewegungen in den Armen, Bewegungen in der rechten Hüfte und im rechten Bein hervor. Beim Rollenabstand 25 treten zu den Bewegungen in den Armen auch springende Bewegungen im rechten Bein hinzu, das linke Bein bleibt während aller dieser Reizungen vollkommen in Ruhe.

VII.

Tafel IX.

Das Thier war während der Operation curarisirt. Innerhalb des vorletzten Brustwirbels sind durchschnitten alle Theile der linken Markhälfte und auf der rechten der weisse Hinterstrang, die hintere Hälfte des Seitenstranges, das graue Hinterhorn und die Basis des grauen Vorderhornes.

Electrische Reizungen.

Hinterpfoten.

Rollenabst.	Linke Seite.	Rollenabst.	Rechte Seite.
44	Keine Wirkung.	45	Keine Wirkung.
43	Lebhafte Bewegungen in den Armen, Ruhe in den Beinen.	44	Zuckungen im rechten Fuss.
		43	Schwache Beugungen im rechten Knie.
41	Schwache Beugungen im linken Bein, lebhafte Bewegungen in den Armen.	42	Starke Beugungen des rechten, schwächere des linken Beines.
39	Dasselbe.	40	Wie vorher und Bewegungen der Arme.
		39	Dasselbe.

Auf einen schwachen Druck der linken Hinterpfote erfolgen lebhafte Bewegungen in den Armen. Um dieselben Bewegungen von der rechten Hinterpfote zu erzeugen bedarf es eines weit stärkeren Druckes. Die Beine dagegen beantworteten die Drücke umgekehrt: in dem linken Bein kann nur schwache, in dem rechten sehr leicht starke Bewegung hervorgerufen werden. Besonders deutlich sind die Erfolge von Nadelstichen. Von der linken Hinterpfote aus bewirken sie den plötzlichen Eintritt kräftiger und öfter wiederholter Bewegungen der Arme, starke Beugung in dem rechten und schwache in dem linken Bein. Von der rechten Hinterpfote aus erzeugen sie Beugungen des gleichnamigen Beins und Bewegungen der Vorderpfoten, die jedoch später als nach der Reizung der linken Hinterpfote auftreten.

Bei der electrischen Reizung der Vorderpfoten (Rollenabstand 38 bis 34) treten Bewegungen in den Armen und in dem rechten Beine auf, das linke bleibt unbewegt. Das losgebundene Thier stützt sich beim Sitzen ausschliesslich auf die vorderen Gliedmassen. Wenn es in Folge eines Druckes auf eine der beiden Hinterpfoten entflieht, so arbeitet es vorzugsweise mit den Vorderpfoten. Nur zuweilen bewegt es das rechte Bein, und auch dann nur schwach.

Tetanisirungen auf dem Querschnitte des Markes in der Höhe des zweiten Halswirbels bedingen Bewegungen in den Muskeln der Arme und des Rumpfes, starke Beugungen des rechten und schwache Streckungen des linken Beines mit Ausspreizung der Zehen.

Tafel X.

Innerhalb des letzten Brustwirbels ist durchschnitten die rechte Seite des Markes, von der linken die weissen Hinterstränge, die hintere Hälfte der weissen Seitenstränge, das graue Hinterhorn, die grauen und weissen Commissuren und der grösste Theil des grauen Vorderhorns.

Electrische Reizungen.

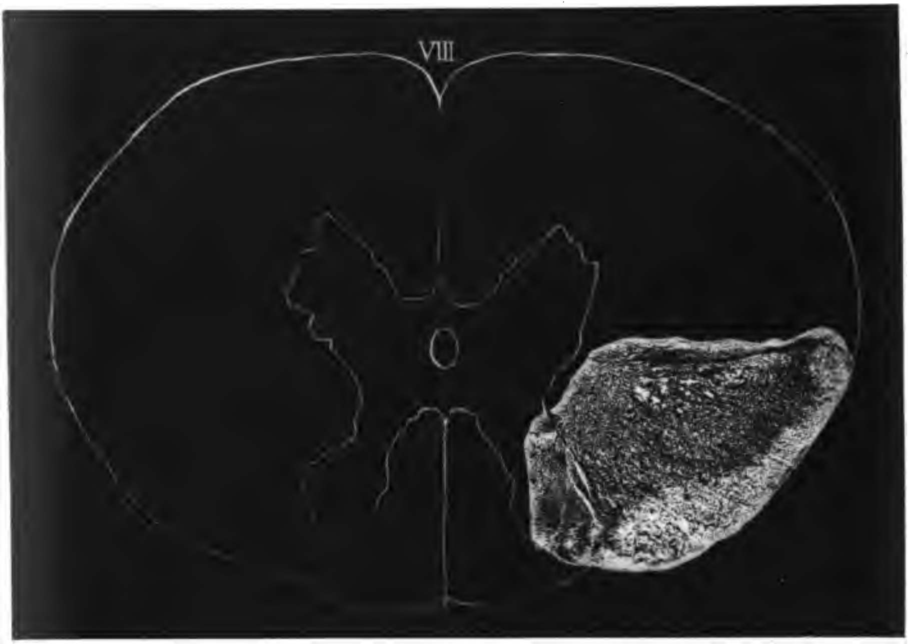
Hinterpfoten.

Rollen-abst.	Rechte Seite.	Rollen-abst.	Linke Seite.
40	Ohne Wirkung.	44	Ohne Wirkung.
38	Schwache Zuckungen im rechten Hinterfuss.	43	Beugung im linken Knie.
37	Schwache Beugung im rechten Knie.	40	Dasselbe und schwache Zuckungen im rechten Bein.
30	Starke Beugung im rechten Bein, Bewegungen in den Vorderpfoten.	39/34	Schwache Bewegung in beiden Beinen.
29/24	Dasselbe, jedoch stärker.	30	Dasselbe, jedoch stärker.

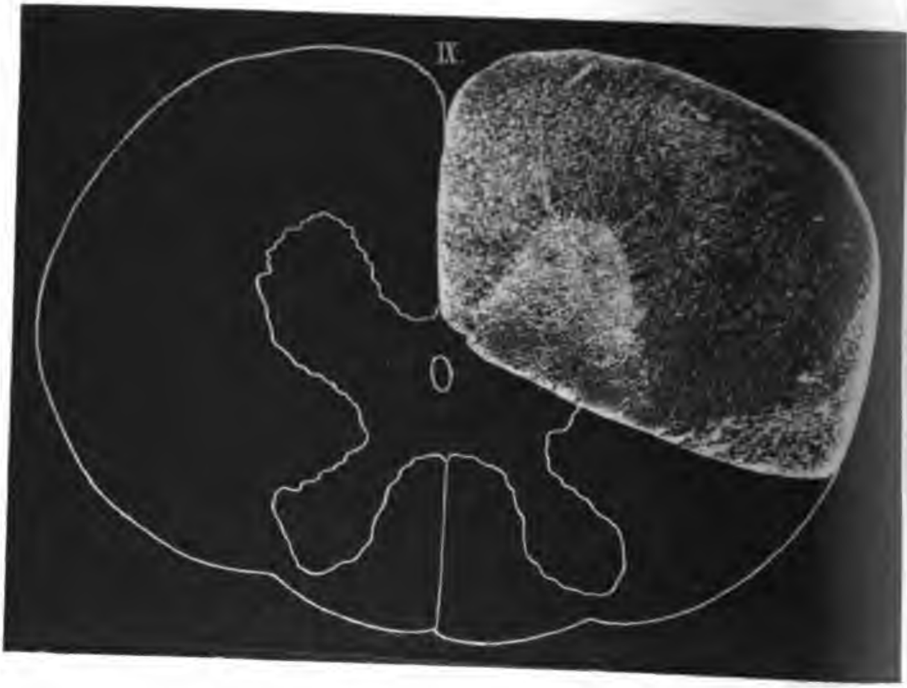
Druck und Nadelstiche in die rechte Hinterpfote rufen Bewegungen in allen Gliedmassen hervor. Druck und Nadelstiche in die linke Hinterpfote erzeugen ausschliesslich Bewegungen der beiden Beine und des Schwanzes.

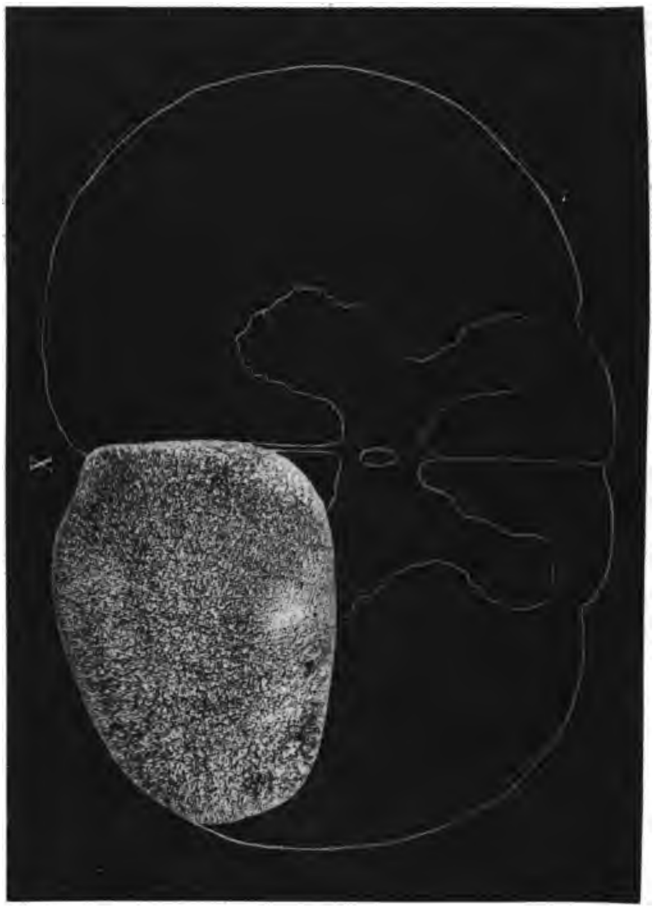
Druck auf die Vorderpfoten bedingt Bewegungen der Arme und der Wirbelsäule, die Beine zeigen dabei keine Zuckungen.

Tetanisirung auf dem Querschnitte des Rückenmarkes in der Höhe des zweiten Halswirbels ruft starke Bewegungen in den Muskeln der vorderen Gliedmassen und des Rumpfes und in dem linken Knie schwache Beugungen hervor. Das rechte Bein bleibt vollkommen ruhig.


VIII

IX.




X

beschaffen. Von den Vorderpfoten aus konnte nur das Bein auf der Seite, welcher noch ein Theil des Seitenstranges geblieben war, reflectorisch bewegt werden. Beim Sitzen wurde keins, beim Springen aber das Bein der Seite benutzt, welcher noch ein Strangrest zukam. Durch die Tetanisirung des Halsmarkes gerieth das Bein auf der Seite des Strangrestes in starke Beugung, auf der anderen in Streckung.

Einen Schritt weiter in der Zergliederung des Seitenstranges geht Versuch X, indem statt der vorderen Hälfte nur noch das vordere Drittel derselben vorhanden ist. Auch bei diesem Grade der Verstümmelung können noch von den Hinterpfoten der Seite aus, auf welcher der Seitenstrang vollständig zerstört ist, Reflexe im Vordertheil geweckt werden, welchen jedoch das Ansehen der Hyperästhesie vollkommen fehlt. Vom Vordertheile her waren jedoch keine Reflexe in den Beinen mehr auszulösen, und durch die Tetanisirung des Markes wurde nur noch das Knie auf der Seite bewegt, welche den Seitenstrangrest beherbergte.

Die Beobachtungen VIII, IX, X sind, von allem Andern abgesehen, als ein Zeugniss für unsere Methode beachtenswerth. Der Flächeninhalt der Brücke, durch welche das Lenden- und Dorsalmark noch zusammenhingen, ist auf eine sehr geringe Grösse herabgesunken, denn sie betrug für VIII noch 2,5 □Mm., für IX noch 4 □Mm. und für X noch 2 □Mm. Trotzdem vermittelten die kleinen Bruchtheile des gesammten Querschnittes noch eine beträchtliche Zahl motorischer und sensibler Beziehungen zwischen den vor und hinter ihnen gelegenen Markmassen, zum Beweise dafür, dass sie ihre Structur noch unversehrt erhalten hatten.

Mit diesem positiven Ergebniss war jedoch der Verdacht nicht beseitigt, dass diese Stücke der Zerrung oder der mangelhaften Ernährung wegen in der That weniger geleistet hätten, als sie es im unversehrten Zustande zu thun vermöchten. Darum schien es zweckmässig, statt der Bruchstücke eines diejenigen zweier Seitenstränge zu erhalten. Bei dieser Art der Verstümmelung bleiben je zwei der grauen Hörner und die weissen Vorder- oder Hinter-Stränge erhalten. Da dieselben, wie wir schon gesehen, keine langen Bahnen führen, so wird durch ihre Anwesenheit in den motorischen und sensiblen Eigenschaften des geschonten Markstückes nichts geändert. Durch ihre Masse und ihren Gefäss-

reichthum gewähren sie dagegen den Seitenstrangresten eine Stütze und sichern ihnen einen genügenden Zufluss von Blut.

Dieses Vorhaben ist in XI und XII verwirklicht. Die erste der genannten Reihen, Tafel XI, sollte den IX. Versuch bestätigen, denn in ihr waren die vorderen Hälften der beiden Seitenstränge erhalten. Wie die Aufzeichnungen lehren, so ist in der That die Uebereinstimmung der physiologischen Erscheinungen in Versuch IX und XI eine vollkommene, wobei man jedoch zu beachten hat, dass im letzteren sich die beiden Beine so verhalten, wie im ersteren das eine der Seite, auf welcher der Seitenstrangrest existirte.

Die Reihe, in welcher das Mark nach Angabe der Tafel XII verstümmelt war, ist ein Seitenstück zu Versuch VIII. Auch hier sind die physiologischen Erscheinungen der beiden Versuche nahezu identisch.

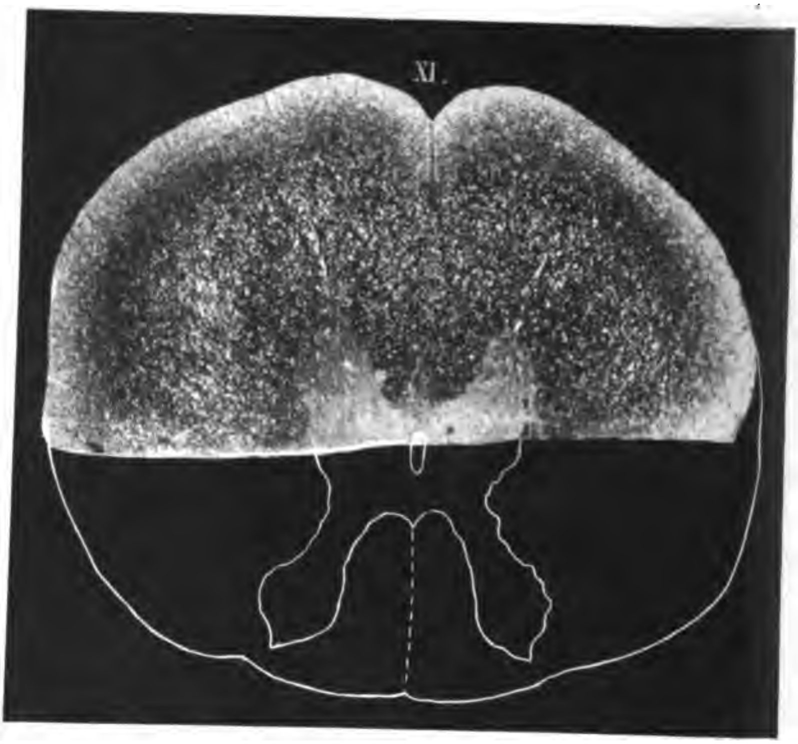
Die neue Anordnung des Versuchs dient mithin nicht blos zur Bestätigung der schon aufgedeckten Beziehungen zwischen den Functionen und den Seitenstrangresten, sie überzeugt uns auch davon, dass man unter Anwendung der nöthigen Vorsicht das Mark bis auf sehr kleine Bruchstücke quer durchschneiden kann, ohne die Structur derselben zu beschädigen.

Wenn wir die Erscheinungen überblicken, welche in den Versuchen VIII bis XII zum Vorschein kamen, so sehen wir:

In allen Theilen des Seitenstranges werden neben den sensiblen auch motorische Bahnen angetroffen. Beide sind also, soweit die vorliegende Zergliederung des Seitenstranges ein Urtheil gestattet, durchweg gemischt vorhanden.

Sensible Fasern der beiden Beine sind in jedem einzelnen der Seitenstränge vorhanden. Die Wirkungen desselben auf die Reflexe im Vorderkörper stellten sich jedoch verschieden; in dem ungleichnamigen Seitenstrang verlaufen Fasern, welche die Muskeln des Vorderkörpers zu stärkeren Reflexen veranlassen, als diejenigen, welche im gleichnamigen Seitenstrang emporsteigen. (Gekreuzte Hyperästhesie.)

Zur Erzeugung der gekreuzten Hyperästhesie sind nicht alle Abschnitte des ungleichnamigen Seitenstranges geeignet. Sie entsteht nur dann, wenn der Theil des ungleichnamigen Seitenstranges erhalten ist, welcher in dem Raume zwischen zwei Linien liegt, die in der Verlängerung des freien Endes der beiden


XI.

Tafel XI.

Innerhalb des letzten Brustwirbels sind durchschnitten die weissen Hinterstränge, der hintere Theil der Seitenstränge und die graue Substanz bis zur vorderen Commissur.

Auf Druck und electrische Reizungen einer jeden der beiden Hinterpfoten treten schwache Zuckungen in dem gereizten Beine und lebhafte Bewegungen in den vorderen Extremitäten hervor.

Das losgebundene Thier unterstützt sich beim Sitzen nur mit den Armen, auch beim Laufen benutzt es nur diese, die hinteren Extremitäten sind gelähmt.

Tetanisirungen auf dem Querschnitte des Rückenmarkes unterhalb des calamus scriptorius rufen Bewegungen in den Muskeln der Arme und des Rumpfes, schwache Beugung in den Beinen hervor.

Tafel XII.

Das Thier war während der Operation schwach curarisirt. Innerhalb des ersten Lendenwirbels wurde mehr als die vordere Hälfte des ganzen Markes durchschnitten.

Electrische Reizungen.

Hinterpfoten.

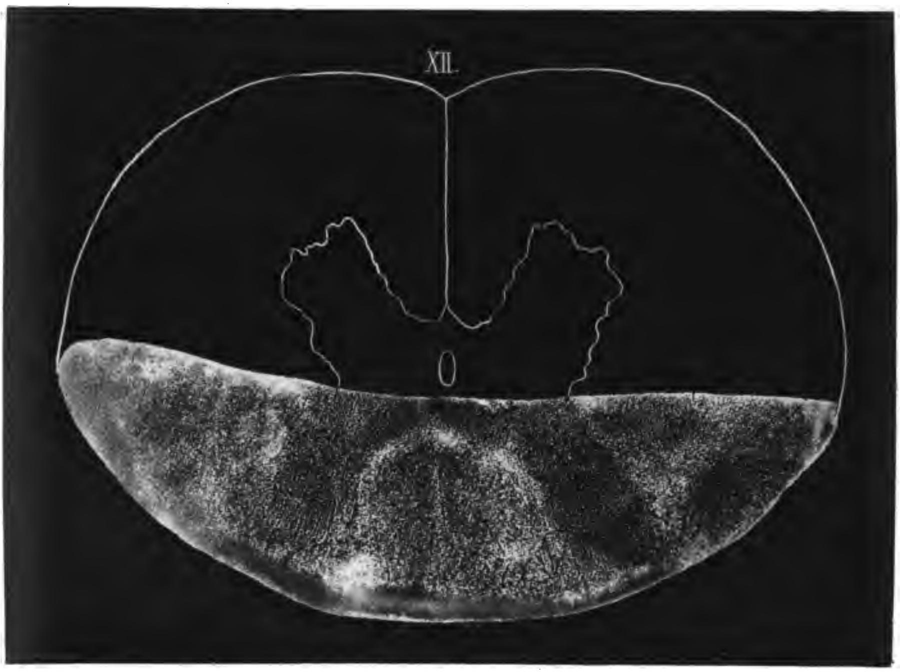
Rollen-abst.	Rechte Seite.	Rollen-abst.	Linke Seite.
19	Ohne Wirkung.	18	Ohne Wirkung.
18	Schwache Bewegung im rechten Bein.	17	Bewegungen im linken Bein und schwache Zuckungen in den Armen.
17	Schwache Bewegung im rechten Bein und in den beiden Armen.	13	Beugung in den beiden Beinen und unregelmässige Bewegung in den Armen.
16	Stärkere Bewegungen im rechten Bein und in den beiden Armen, schwächere in dem linken Bein.	12	Stärkere Bewegungen in den Beinen, in den Armen Ruhe.
12/11	Wiederholte Beugung und Streckung in allen Extremitäten.	11	Wiederholte Bewegungen in den hinteren und vorderen Gliedmassen.

Nur die stärksten electrischen Reize und Drücke auf die Ohren und die Vorderpfoten können schwache Bewegungen in den Beinen, und auch dieses nur zuweilen hervorrufen.

Als drei Stunden nach vollendeter Operation die Reizungsversuche wiederholt wurden, liessen sich auf Druck der Hinterpfoten, besonders aber der linken, starke Beugungen in den hinteren und Bewegungen in den vorderen Beinen hervorbringen. — Durch Reizung der vor dem Rückenmarkschnitt gelegenen Körpertheile konnten dagegen keine Bewegungen in den hinteren Extremitäten erzielt werden.

Das losgebundene Thier stützt sich beim Sitzen nur auf die vorderen Extremitäten. Beim Laufen bedient es sich ebenfalls ausschliesslich derselben.

Bei der Tetanisirung auf dem Querschnitt des Markes in der Höhe des zweiten Halswirbels werden selbst durch schwache Inductionsströme deutliche Beugungen im linken und nach geringem Vorschieben der secundären Rolle auch im rechten Bein beobachtet. Mit dem weiteren Anwachsen der Reizstärke erscheinen Beugungen und Streckungen in den beiden Beinen. Unter dem Einfluss der stärksten Inductionsschläge beugen sich die beiden Beine tetanisch und pressen sich an den Bauch.



XII.
O

Commissuren gegen die Oberfläche des Markes gezogen werden. (Mittleres Drittel des Seitenstranges.)

Die sensiblen Faserungen, welche nur mässige aber keine lebhaften Bewegungen des Vorderkörpers hervorrufen, sind auch im hinteren und vorderen Drittel des Seitenstranges gelagert.

Motorische Fasern für die beiden Beine sind in jedem einzelnen der beiden Seitenstränge vorhanden. Es sind jedoch nicht allen Orten motorische Fasern von gleicher Leistungsfähigkeit eingebettet.

Durch Reizungen sensibler Flächen, die vor dem verstümmelten Orte des Markes liegen, können nur in dem Beine Reflexe ausgelöst werden, auf dessen Seite mindestens ein Theil des Seitenstranges erhalten ist; war also auf einer Seite der genannte Strang vollkommen zerstört, so ist es unmöglich, in dem zugehörigen Beine Reflexbewegungen zu erzielen, wie stark man auch die Vorderpfoten und die Ohren drücken und electrisiren mag. — Aber auch nicht jeder unversehrte Abschnitt des Seitenstranges ist vermögend, die reflectorische Erregung, die aus dem verlängerten Marke kommt, auf das gleichseitige Bein überzuführen. Soll dieses möglich bleiben, so muss mindestens die vordere Hälfte des Seitenstranges erhalten gewesen sein.

Die Bewegungen, mit welchen sich die Beine am Sitzen und Springen betheiligen, kommen nur so lange zu Stande, als das mittlere Drittel des Seitenstranges unversehrt ist. Da die Bewegungen der hinteren Extremitäten, welche zum Sitzen und Springen dienen, zu den sogenannten coordinirten gehören, so kann man auch sagen, dass die motorischen Bahnen, durch welche die Bewegungen der Beine coordinirt werden, in dem Raume der Seitenstränge verlaufen, welcher zwischen zwei Linien liegt, die in der Verlängerung der freien Flächen der Commissuren gegen die Oberfläche des Markes gezogen werden.

Die electrische Reizung des Halsmarkes unter dem calamus scriptorius ruft wiederholte, stossweise wechselnde Beugung und Streckung oder aber Tetanus der Beine hervor. Von der erstern, der geordneten Bewegung wird ein Bein nur dann ergriffen, wenn von dem zugehörigen Seitenstrang zum mindesten noch das mittlere Drittel erhalten ist. — In die tetanische Contraction geräth dagegen ein Bein auch dann noch, wenn selbst der gleichnamige Seitenstrang vollkommen zerstört ist. Die tetanisirend wirkenden Fasern verlaufen also für jedes der beiden

Beine in jedem der beiden Seitenstränge; sie sind jedoch nicht für jedes der beiden Beine an allen Orten eines Seitenstranges vorhanden. Denn nach der vollständigen Entfernung des einen und der Zerstörung der vorderen zwei Drittel des andern Seitenstranges beschränkte sich die tetanische Zusammenziehung auf das Bein der Seite, welcher der Markrest angehörte.

Die vorstehenden Versuche werfen auch einiges Licht auf den Mechanismus, welcher es bedingen kann, dass gleiche Reize so viel stärkere Wirkungen vom Hintertheil der verletzten Markseite aus als von der andern her erzeugen. — Der centrale Ort, durch dessen Vermittelung die Erscheinungen der Hyperästhesie zu Tage treten, liegt im Gehirn. Hierüber kann man für den Menschen nicht zweifelhaft sein, weil sich die Erregung der betreffenden Nerven als Schmerz[1]) äussert. Dieses Kennzeichen fehlt uns allerdings für das Kaninchen, da wir die Hyperästhesie hier nur aus dem überhöhten Reflexe abzuleiten vermögen. Dess ungeachtet müssen wir auch hier den Ort der Reflexübertragung in einem Hirntheile suchen, weil wir durch die schon oben erwähnten Beobachtungen von *Owsjanikoff* wissen (pag. 260), dass sich die sensiblen Reize der Beinnerven nur so lange in Bewegungen des Kopfes und der Arme umsetzen, als noch ein bedeutender Bruchtheil des verlängerten Markes erhalten ist. Aus dieser Lage des reflectirenden Organes erklärt sich zunächst die von mir beobachtete Erscheinung, dass regelmässig die Muskeln, welche hinter und auf der Seite des verletzten Stranges liegen, an der Erhöhung der Reflexe keinen Antheil nehmen. Die Ausnahmsstellung der genannten Muskeln folgt mit Nothwendigkeit aus unserem Vordersatz, weil die motorischen Nerven des Beines durch den Markschnitt aus ihrer Verbindung mit dem Gehirn gelöst sind, so dass sie den Reflex dorthin nicht mehr übertragen können. — Die Ursache, welche die entsprechenden Hirntheile zu einer erhöhten Thätigkeit veranlasst, beruht in einer stärkeren Wirkung der sensiblen Nerven, die aus den hyperästhetischen Stellen herankommen, keineswegs aber auf einem erhöhten Erregungsgrade der Organe,

---

1) Als Beweis hierfür dient namentlich die ganz unzweideutige Beobachtung von *W. Müller*, Beiträge zur patholog. Anatomie des menschlichen Rückenmarkes. Jena 1871. Hieraus bei *Leyden*, Klinik d. Rückenmarks-Krankheiten. 1874. p. 99.

welche die Empfindung und den allgemeinen Reflex vermitteln. Nur unter diesen Voraussetzungen ist es zu verstehen, weshalb die Reizung der sensiblen Nerven auf und unterhalb der verletzten Markseite den Reflex überhöht, während er durch keine andere sensible Bahn aus den normalen Grenzen zu führen ist. Hiermit beseitigt sich denn auch die Annahme, dass die in dem Markschnitt liegenden Fasern, weil sie selbst gereizt wurden, das reflectorische Organ dauernd erregten. Denn wäre das Organ selbst in einem Reizungszustande, so müsste es jeden Antrieb, gleichgültig woher er auch käme, stärker beantworten. Die Plötzlichkeit, mit welcher die Hyperästhesie nach der Vollführung des Schnittes hervorbricht, dürfte auch schwer mit der Annahme eines veränderten Zustandes der reflectorischen Centren vereinbar sein, da es zur Entwickelung desselben jedenfalls eines längeren Zeitraumes bedürfte. Von einer durch den Schnitt bedingten Erhöhung der Erregbarkeit in den Nervenbahnen, welche den Reflex auslösen, kann auch schon darum nicht die Rede sein, weil jene Nerven gar nicht durch den Schnitt, ja nicht einmal in der Nähe desselben verlaufen.

Beachtenswerth ist es, dass die Durchschneidung, beziehungsweise die Erhaltung nicht aller Theile des Seitenstranges, in denen sich sensible Bahnen vorfinden, die Hyperästhesie erzeugen kann. Damit die letztere erscheine, muss sich einerseits der Schnitt über die Faserungen hinaus erstrecken, welche im mittleren Drittel des Seitenstranges verlaufen; die in Folge der einseitigen Durchschneidung des genannten Stückes aufgetretene Hyperästhesie verschwindet alsbald wieder, wenn auch auf der zweiten Seite zwei Drittel des genannten Stranges zerstört werden. Nach dieser zweiten Operation sind nun aber keineswegs alle sensiblen Brücken zwischen den Beinen und dem Gehirn weggenommen. Aus dieser Erfahrung ist zu schliessen, entweder dass die Summe oder die Art der vorhandenen Fasern zu dem Auftreten der überhöhten Empfindlichkeit in Beziehung steht.

In den l o c a l e n R e f l e x e n, welche nach den aufeinanderfolgenden Reizungen des Beines der verletzten und des der unverletzten Seite des Rückenmarkes hervortreten, macht sich keineswegs bei allen Graden der Reizstärke ein Unterschied bemerklich. Wenn man nach beiderseitiger Anlegung der Electroden, wie es oben beschrieben wurde, den Rollenabstand auf-

sucht, durch welchen der minimale Reflex bedingt wird, so findet man fast regelmässig, dass beiderseits bei demselben Rollenabstand die Zuckung beginnt. Wollte man also dem gewöhnlichen Sprachgebrauch gemäss die Erregbarkeit der Nerven durch den Rollenabstand definiren, welcher die minimale Zuckung hervorbringt, so würde man dieselbe in dem Fusse der durchschnittenen gleich der in dem Fusse der undurchschnittenen Seite zu setzen haben. Ein Unterschied tritt erst hervor, wenn man den Reiz von seiner Schwelle an verstärkt. Denn nun wächst allerdings von der unverletzten Seite aus der locale Reflex; aber es fehlen die allgemeinen Bewegungen, welche von der verletzten Seite her alsbald ausgelöst werden. Um es zu diesen zu bringen, müssen dem Beine auf der unverletzten Seite weit stärkere Inductionsschläge zugeführt werden. Daraus folgt also: die Fasern, welche den localen Reflex erregen, sind beiderseits gleich erregbar, diejenigen dagegen, welche den allgemeinen Reflex auslösen, sind auf der verletzten Seite erregbarer als auf der unverletzten.

Von allen Hypothesen, durch welche man die hier in Frage kommende Hyperästhesie zu erklären versuchte, schliesst sich nur eine den Thatsachen in genügender Weise an, diejenige nämlich, welche den Eintritt der Ueberempfindlichkeit aus dem Wegfall einer Anzahl von hemmenden Fasern ableitet. Auch mit meinen Versuchen lässt sie sich in Einklang bringen, vorausgesetzt, dass man den Ort, an welchem die hemmenden Fasern zu ihrer Thätigkeit angeregt werden, in ihre peripherische Ausbreitung, nicht aber, wie es bisher geschehen, in das Gehirn verlegt. Diese Abänderung der früheren Vorstellung wird nach den neuen Beobachtungen über die Lage der Reflexcentren zur Nothwendigkeit, sie ist aber auch nicht mehr für gewagt zu erachten, seitdem uns zahlreiche Nerven bekannt sind, die in gereiztem Zustande reflectorische und automatische Bewegungen zu beseitigen wissen, welche im Bereiche der Skelet- und Gefäss-Muskeln von anderen Orten her angeregt wurden. Es wird genügen, in dieser Beziehung an die oft citirten Beobachtungen von *Setschenow* (Reizung des nerv. ischiadicus mit Kochsalz), *J. Rosenthal* (n. laryngeus super.), *C. Ludwig* und *Cyon* (n. depressor), *Lewisson* (Umschnürung der Froscharme) zu erinnern.

Von unserem Gesichtspunkte aus würden die bei den Markschnitten gesammelten Erfahrungen dahin zu deuten sein, dass

die hemmenden Fasern eines Beines vorzugsweise im gleichnamigen, die reflexauslösenden dagegen vorzugsweise im gegenüberliegenden Seitenstrange verlaufen. Auf beiden Seiten des Markes wäre also jede Gattung von Fasern, jedoch in ungleichen Verhältnissen, vertreten.

Mit dem Versuche, die alte Hypothese mit den neuen Thatsachen in Einklang zu bringen, verbinde ich keineswegs die Absicht, sie für die allein mögliche zu erklären. Von allem Andern abgesehen, mahnt schon die folgende thatsächliche Bemerkung zur Vorsicht.

Die von *Fodera*[1]) zuerst beobachtete und von *Brown-Sequard* genauer beschriebene und zergliederte Hyperästhesie, welche nach einseitiger Verletzung des Rückenmarkes der Säugethiere eintritt, pflegt man in der Regel mit derjenigen zusammenzustellen, welche von *Türk* am Frosche zuerst bemerkt und sorgfältig studirt wurde. Zwischen beiden bestehen jedoch nach meinen Versuchen zwei wesentliche Unterschiede. Nach der Durchschneidung der betreffenden Markstellen beschränkt sich beim Frosche die grössere Lebhaftigkeit der ausgelösten Bewegung auf den Körpertheil, welcher auf der Seite und hinter dem Markschnitte liegt, während umgekehrt beim Kaninchen der hinter und auf der Seite des Schnittes gelegene Körpertheil sich träger bewegt, indess die vor dem Schnitt gelegenen Muskeln und das Bein der entgegengesetzten Seite energischer reagiren, wenn die Haut hinter und auf der Seite des Schnittes gereizt wurde. Eine zweite nicht minder wichtige Abweichung zwischen dem Frosch und Kaninchen besteht darin, dass die Hyperästhesie, welche bei dem erstern auf einer Seite besteht, auch auf der zweiten hervorgerufen werden kann, wenn man das anfangs nur halb durchschnittene Mark nun gänzlich vom Gehirn abtrennt. Unter diesen Umständen verschwindet aber beim Kaninchen die Hyperästhesie vollkommen, trotzdem dass dieselbe auch bei diesem Thiere durch partielle Zerstörungen beider Seitenstränge eine doppeltseitige werden kann. — Diese Verschiedenheiten zwischen den Reflexen nach theilweisen und voll-

1) *Longet*, Traité de physiologie 1869. III, p. 841. *Brown-Sequard*, Experimental and clinical researches on the physiology etc. Richmond 1855.

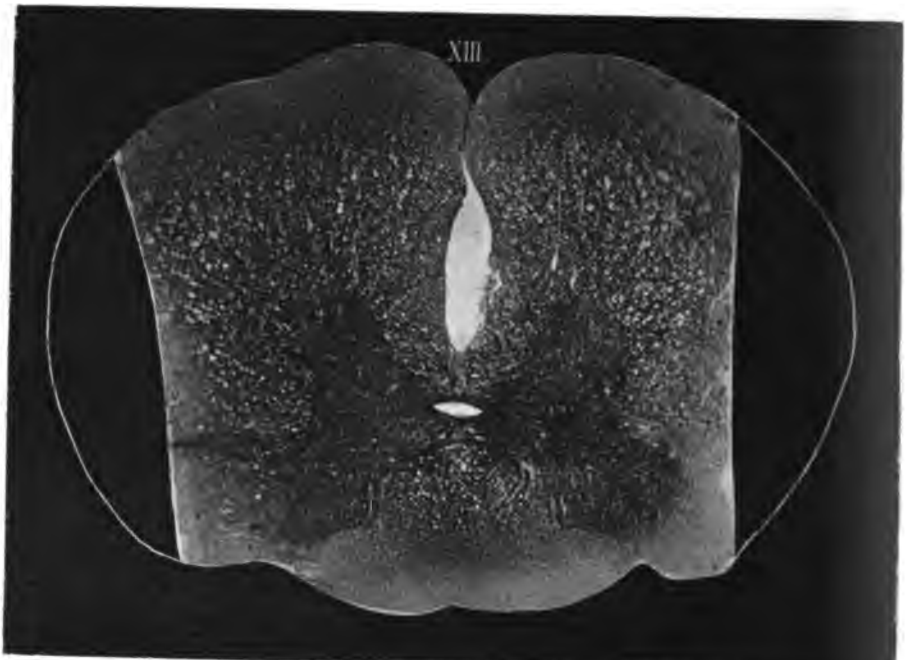
kommenen Durchschneidungen des Markes deuten auf eine ungleiche Abhängigkeit der Reflexcentren vom Gehirne hin.

4. An die Versuchsreihen, in welchen das Mark von hinten nach vorn zergliedert wurde, schliessen sich nun andere an, in welchen die Zerlegung von rechts nach links geschah. Proben aus diesen Reihen geben die Tafeln XIII bis XVII und die zu ihnen gehörenden Aufzeichnungen.

Wenn die Zerstörung der Seitenstränge nach Angabe von Tafel XIII ausgeführt, wenn also beiderseits das äussere Drittel der Seitenstränge weggenommen war, so verhielt sich das Thier fast in jeder Beziehung wie ein normales. Kein Ort war hyperästhetisch, wohl aber waren alle empfindlich. Die Reflexe konnten von jedem Glied aus in allen übrigen hervorgerufen werden. Das Thier unterstützte sich beim Sitzen und Springen mit den Beinen und bei der tetanischen Reizung des durchschnittenen Halsmarkes traten coordinirte Bewegungen in allen Gliedern des Körpers hervor. Nur die Füsse waren durch die Verletzungen in ihren Bewegungen beeinträchtigt. Ihre Zehen waren tetanisch gebeugt, das linke Fussgelenk gestreckt, das rechte gelähmt.

Wenn man, wie es in dem Rückenmark geschehen, das Tafel XIV abbildet, einen noch grösseren Theil der Seitenstränge von aussen her wegnimmt, so häufen sich nun schon die Abweichungen vom Normalzustand. In dem vorliegenden Falle war der Schnitt auf der rechten Seite entfernter von der grauen Masse geführt worden als auf der linken. In dem Beine der rechten Seite war die Empfindlichkeit normal, namentlich fehlte die Hyperästhesie. Auch die Reizungen sensibler Theile des Vorderkörpers bewirkten im rechten Beine vollkommen ausgeprägte Reflexe, beim Laufen und bei der Tetanisirung des Halsmarkes traten im rechten Beine die normalen Erscheinungen hervor. Es ist beachtenswerth, dass der Fuss keine Bewegungsstörungen darbot.

Auf der linken Seite, wo der Schnitt näher an die graue Masse herangedrungen war, hatte sich im gleichnamigen Beine Hyperästhesie und eine Störung der Bewegungen ausgebildet, die sich vorzugsweise auf den Unterschenkel und den Fuss erstreckte, während in dem Oberschenkel noch ein deutlicher Rest von Beugung sichtbar war, der bei sensiblen Reizungen des


XIII

Tafel XIII.

Innerhalb des letzten Brustwirbels sind beiderseits die äusseren Dritttheile der weissen Seitenstränge durchschnitten.

Nach Vollendung der Operation erscheinen die Zehen beider Füsse tetanisch gebeugt, das linke Fussgelenk aber gestreckt.

Der Druck auf je eine der beiden Hinterpfoten bedingt Beugung der gereizten Gliedmassen und Bewegungen in den übrigen Extremitäten. Die Füsse der hinteren Extremitäten nehmen jedoch an der Beugung keinen Antheil. Denselben Erfolg bedingt ein Druck auf die Vorderpfoten oder die Ohren.

Das losgebundene Thier unterstützt sich beim Sitzen mit seinen vier Gliedmassen; wenn es läuft, so arbeitet es mit allen Extremitäten. Die Fussgelenke werden hierbei nicht vollkommen gebeugt, namentlich geht dem linken diese Bewegung ab.

Tetanisirung auf dem Querschnitt des Markes unter dem calamus scriptorius ruft auch bei grösserem Rollenabstand coordinirte Bewegungen in allen Theilen des Körpers hervor. Ausgenommen hiervon sind die Fussgelenke, welche niemals in Beugung gerathen.

Tafel XIV.

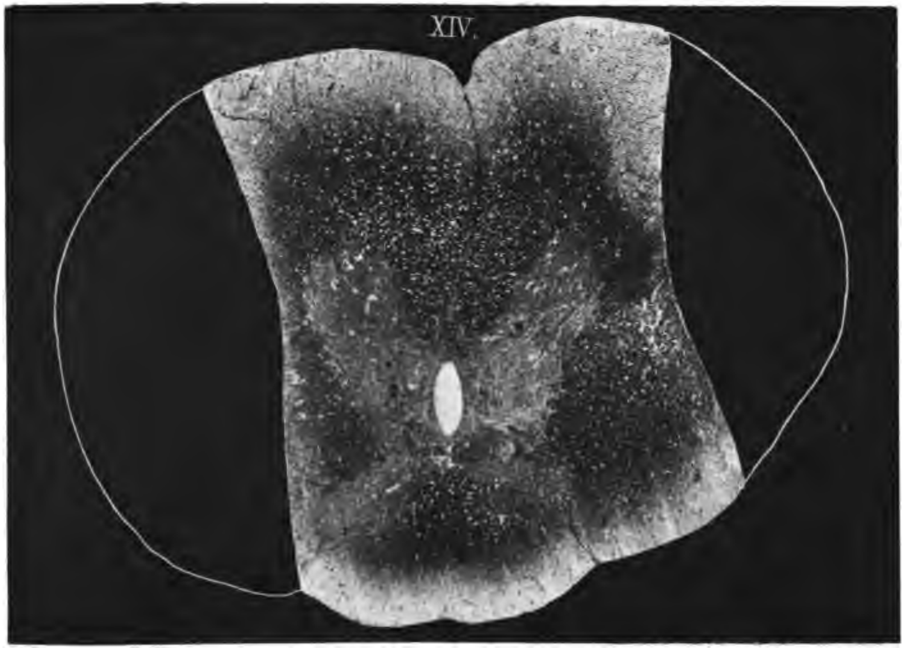
Innerhalb des letzten Brustwirbels ist beiderseits ein Theil der Seitenstränge durchschnitten. Auf der linken Seite erstreckt sich die Zerstörung weit näher an die graue Masse als auf der rechten.

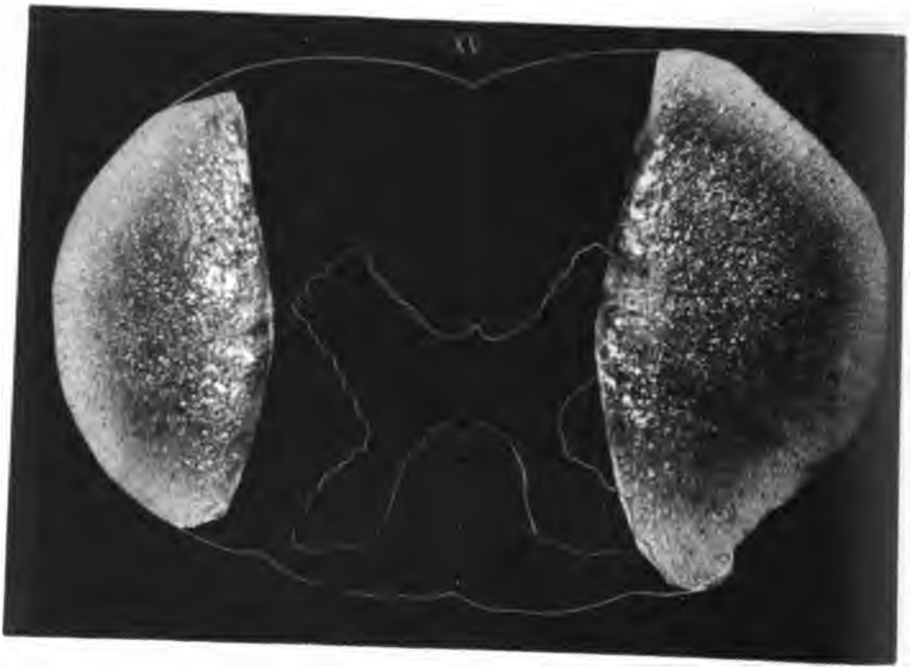
Ein schwacher Druck auf die linke Hinterpfote ruft schwache Zuckungen im linken Bein und lebhafte Bewegungen in den Armen hervor. Ein schwacher Druck auf die rechte Hinterpfote bleibt wirkungslos. Bei Verstärkung des Druckes treten bedeutende Bewegungen in dem gleichnamigen und schwache Bewegungen in dem linken Bein auf. Bei noch weitergehender Steigerung des Druckes kommt es auch zu Bewegungen in den Armen.

Durch einen Druck auf die Vorderpfoten oder die Ohren entstehen ausser den Bewegungen in den vorderen Körpertheilen auch starke Beugungen in allen Gelenken des rechten Beines, im linken dagegen lassen sich nur unvollkommene Beugungen erkennen.

Das losgebundene Thier benutzt beim Laufen die beiden Arme und das rechte Bein, das linke beugt es nur spurweise.

Die Tetanisirung auf dem Querschnitte des Markes unter dem calamus scriptorius bedingt, ausser den bekannten Erscheinungen in dem vorderen Theil des Körpers, wiederholte Beugungen und Streckungen des rechten und eine unvollkommene Beugung des linken Beines.


XIV.



Tafel XV.

Innerhalb des letzten Brustwirbels sind durchschnitten die weissen Vorder- und Hinterstränge, die graue Masse und beiderseits ein Theil der Seitenstränge. Rechts ist nur der Theil des Seitenstranges weggenommen, welcher die seitliche Ausbiegung der grauen Masse ausfüllt, links dagegen erstreckt sich die Verletzung von innen her um ein beträchtliches in den weissen Seitenstrang hinein.

Unmittelbar nach der Operation erscheinen die Muskeln der beiden Beine gelähmt. Ein schwacher Druck auf dieselben ruft in den Armen lebhafte, in den Beinen aber keine Spur von Bewegung hervor.

Eine Stunde nachher bedingt ein schwacher Druck auf den linken Fuss Bewegungen in beiden Armen und dem rechten Beine, das linke aber bleibt ruhig. Durch Druck auf die Ohren oder die Vorderpfoten werden Bewegungen im Vorderkörper und ein Anziehen der beiden Beine veranlasst.

Das losgebundene Thier unterstützt sich in gewöhnlicher Weise mit den Armen, die Beine sind unter den Leib gezogen. Dieselben Erscheinungen bestehen auch noch 5 Stunden nach der Operation. Hebt man das Thier am Felle empor, so bewegen sich die beiden Beine in ähnlicher Weise wie es beim Laufen zu geschehen pflegt.

Tetanisirung auf dem Querschnitt des Markes unter dem calamus scriptorius bedingt eine tetanische Beugung der Beine.

Tafel XVI.

Innerhalb des letzten Brustwirbels sind durchschnitten die graue Masse, die weissen Vorder- und Hinterstränge und der innere Theil beider Seitenstränge.

Electrische Reizungen.

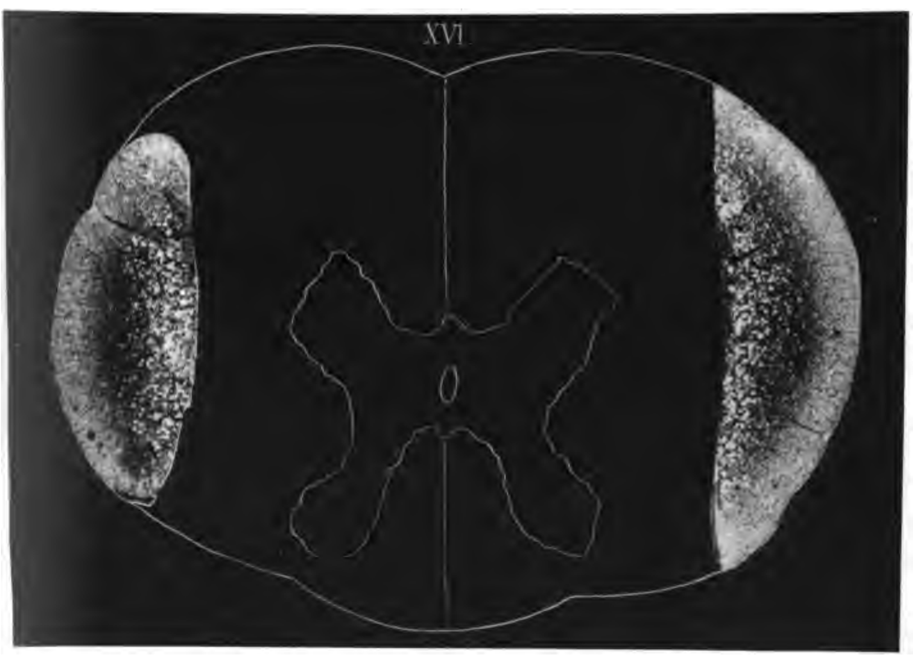
Hinterpfoten.

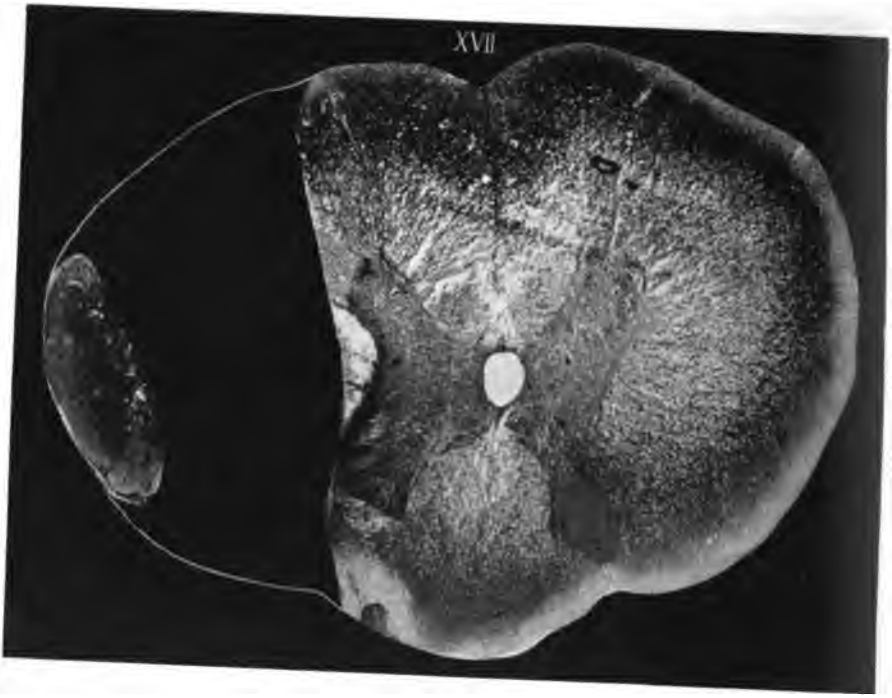
Rollen-abst.	Rechte Seite.	Rollen-abst.	Linke Seite.
10	Keine Wirkung.	16	Ohne Wirkung.
9	Schwache Zuckung im rechten Bein, lebhafte Bewegung in den Armen.	15	Nur Bewegung in den Armen.
		9	Dasselbe und schwache Beugung in der linken Hinterpfote.
5	Dasselbe.		
		8	Starke Beugung des linken Beins, lebhafte Bewegung der Arme.

Ein schwacher Druck auf eine jede der beiden Hinterpfoten ruft lebhafte Bewegungen in den vorderen Körpertheilen hervor. Die Beine hingegen bleiben ruhig. Bei einem stärkeren Druck auf die Hinterpfoten kommt es ausser der eben genannten Bewegung auch noch zu schwachen Zuckungen in den Beinen.

Das losgebundene Thier unterstützt sich beim Sitzen nur mit den Armen. Zu seiner Fortbewegung benutzt es ausschliesslich nur diese. Ebenso fehlen alle coordinirten Bewegungen der Beine, wenn man dem laufenden Thiere starke electrische Schläge oder Drücke auf irgend einen Körpertheil beibringt. Zuckungen in einzelnen Muskeln der Beine kommen jedoch zum Vorschein.

Tetanisirung auf dem Querschnitt des Markes unter dem calamus scriptorius bedingen Bewegungen in den vorderen Körpertheilen und eine kräftige tetanische Beugung der Beine.


XVI


XVII

Tafel XVII.

Innerhalb des letzten Brustwirbels ist aus dem linken weissen Seitenstrang ein Stück ausgeschnitten. Die innere Grenze des weggenommenen wird gegeben durch eine Linie, welche unmittelbar an den hinteren und vorderen Hörnern von vorn nach hinten streicht. Die äussere Grenze des weggenommenen liegt ungefähr am939Drittheil des grössten Durchmessers der Seitenstränge.

Nach Vollendung der Operation befinden sich die Muskeln des linken Oberschenkels in einer tetanischen Spannung, welche es dem Thiere unmöglich macht den linken Oberschenkel an den Leib zu ziehen.

Ein schwacher Druck auf die linke Hinterpfote ruft in dem gleichnamigen Beine schwache, in allen übrigen Gliedern dagegen starke Bewegungen hervor. — Um denselben Effect von der rechten hinteren und den beiden vorderen Pfoten hervorzurufen ist die Anwendung eines weit stärkeren Druckes nothwendig.

Das losgebundene Thier läuft kurze Zeit nach der vollendeten Operation nur auf den Armen und dem rechten Beine, das linke Bein, dessen Gelenke in schwacher Beugung stehen, bleibt vollkommen unthätig. Zwei Stunden nachher bieten sich noch dieselben Erscheinungen. Fünf Stunden nach der Operation bedient es sich dagegen beim Laufen und Springen der beiden Beine in anscheinend gleicher Weise. Wenn das fortspringende Thier am rechten Beine festgehalten wird, so führt es mit dem linken stossende Bewegungen aus. — Nach einer wiederholten Ausführung der Sprungbewegungen, wenn sich z. B. das Thier durch eine Strecke von etwa 10 Meter Länge fortbewegt hatte, wurden die Antriebe von dem Bein der verletzten Seite nicht mehr gleichzeitig mit denen der übrigen Gliedmassen, und auch weniger kräftig ausgeführt. Wurde von nun an das Thier durch fortgesetzte Reize zu weiterm Entfliehen genöthigt, so sprang dasselbe nur auf drei Extremitäten, während es das Bein der verletzten Seite in gebeugter Lage über dem Boden emporhielt. Die Hyperästhesie des linken Beines ist unverändert.

Tetanisirung auf dem Querschnitt des Markes unter dem calamus scriptorius ruft auch bei grösserem Rollenabstand Bewegungen in allen Gliedmassen hervor; ausgenommen ist nur der Oberschenkel des linken Beines. In diesem beugen sich nur das Knie und die Fussgelenke.

Vordertheiles, beim Versuche zum Laufen und der Tetanisirung des Halsmarkes zum Vorschein kam.

Die Angabe früherer Versuche, nach welchen die motorischen Bahnen des Fusses und des Unterschenkels gegen den äusseren Umfang des Seitenstranges liegen, empfängt hierdurch wiederum ihre Bestätigung.

Die Zerstörungen, welche auf Tafel XV dargestellt sind, bilden, jedoch nur annähernd, das Gegenstück zu den durch Tafel XIV vertretenen. Eine Aehnlichkeit beider liegt insofern vor, als hier wie dort der Schnitt auf der einen Seite näher zur grauen Masse hingeht als auf der andern. Von den Seitensträngen der Tafel XV blieb dagegen mehr erhalten, als an dem auf Tafel XIV verzeichneten Marke zerstört war. Der kleinste von den beiden in Tafel XV erhaltenen Bruchtheilen der Seitenstränge ist etwa so gross als der grösste der in Tafel XIV weggeschnittenen. Mithin ist der grössere von den erhaltenen Seitenstrangresten in der jetzt vorliegenden Tafel umfänglicher als der grössere der vorhin zerstörten Antheile. — Bei der Durchsicht der zugehörigen Protokolle wolle man die so eben hervorgehobenen Grössenunterschiede des zerstörten und erhaltenen Antheils der Seitenstränge nicht ausser Acht lassen. Um die ganze Bedeutung des in Tafel XV fehlenden Stückes der Seitenstränge zu würdigen, ist es ausserdem rathsam, sich der Ergebnisse zu erinnern, welche die auf Tafel I dargestellte Zerstörung herbeiführte. — In dem gegenwärtig vorliegenden Falle (Tafel XV) verhalten sich nun, trotz der ungleichweit vorgeschrittenen Zerstörung der beiden Seitenstränge, die physiologischen Erscheinungen der beiden Beine annähernd gleich und insoweit ähnlich denen, welche in Beobachtung XIV auf der Seite der grössten Verletzung des Seitenstranges vorhanden waren, als jetzt die beiden Beine hyperästhetisch sind. Auch ist nun beiderseits die geordnete Bewegung beeinträchtigt, dieses letztere jedoch nicht so weit, wie es auf der linken Seite der Beobachtung XIV der Fall war, auf welcher das grössere Stück des Seitenstranges fehlte. Denn bei der gegenwärtig veranschaulichten Verletzung wurden zwar ebenfalls die Beine beim Sitzen und Laufen nicht benutzt, aber sie waren doch nicht so weit gelähmt wie dort, sondern an den Bauch gezogen; sie konnten sogar in wechselnder Folge, ähnlich wie beim Laufen, gebeugt und gestreckt werden, eine Bewe-

gung, die jedesmal eintrat, wenn das Thier am Fell schwebend emporgehoben wurde.

Die Versuchsreihe, welche durch Tafel XVI veranschaulicht wird, ist das Gegenstück zu XIII, denn hier ist nur das äussere Dritttheil jedes der beiden Seitenstränge unversehrt geblieben, alles übrige aber durchschnitten. Dieser Grad von Zerstörungen ruft beiderseits Hyperästhesie hervor, die sich jedoch nur durch lebhafte Bewegungen im Vorderkörper äussert. Die Beine sind dagegen erst nach starken Reizen in Zuckungen zu versetzen. Es fehlen diesen auch die coordinirten Bewegungen, obwohl die motorischen Antriebe, welche von oben her in das Mark eindringen, noch eine Wirkung auf die Beine zu äussern vermögen. Dieses giebt sich durch Zuckungen einzelner Muskeln zu erkennen, wenn die Vorderpfoten oder die Ohren stark gereizt werden; auch während der Tetanisirung des Halsmarkes trat eine kräftige tetanische Beugung in den Beinen ein.

Eigenthümlich fallen die physiologischen Erscheinungen aus, wenn die Verletzung nach Angabe der Tafel XVII ausgeführt wird, wenn also ein schmaler Saum des innersten und ein beschränktes Stück des äussersten Theiles eines der beiden Seitenstränge erhalten ist. Unmittelbar und selbst noch einige Stunden nach der Operation verhält sich, mit Ausnahme der Störungen, die in den Muskeln des Fusses eintreten, das Thier ähnlich wie ein solches, dem etwa die äusseren zwei Drittel des Seitenstranges erhalten waren. Das Bein auf der verletzten Seite ist hyperästhetisch und beim Laufen oder Springen trägt es das Bein der verletzten Seite gebeugt. Fünf Stunden nach vollendeter Operation zeigt sich das Bein zwar hyperästhetisch, aber die Fähigkeit zur coordinirten Bewegung ist wiedergekehrt, aber auch dieses nur vorübergehend, denn nach jeder selbst kurzdauernden Anstrengung ermüden die geordneten Bewegungen. Auf eine theilweise Lösung ihrer Abhängigkeit vom Hirn deutet auch das Verhalten des Gliedes während der Tetanisirung des Markes. Unter ihrem Einfluss bewegten sich nicht alle Gelenke des Beines der verletzten Seite mit gleicher Lebhaftigkeit. Das Hüftgelenk ruhte, indess sich Knie und Fussgelenk beugten.

Aus einem Ueberblick über die Resultate, welche die Zergliederung der Seitenstränge parallel der Mittellinie des queren Markschnittes geliefert hat, finden wir zunächst bestätigt, dass

an allen Orten des Seitenstranges motorische und sensible Bahnen untereinander gemischt sind.

Bevorzugt erscheint jedoch der Theil, welcher zwischen den seitlichen Hervorragungen der grauen Masse — in der Bucht zwischen den Vorder- und Hinter-Hörnern und zwischen den stärkeren der zugespitzten Ausläufer der grauen Masse — eingeschlossen ist. An diese Abtheilung der weissen Stränge knüpft sich die Befähigung, coordinirte Bewegungen zu übertragen und zugleich das Vermögen, die allzu grosse Empfindlichkeit der sensiblen Nerven niederzuhalten.

Wenn wir die Thatsachen, die durch die Zergliederung des Seitenstranges von hinten nach vorn (pag. 284) gewonnen wurden, mit den in der letzten Versuchsreihe erhaltenen verknüpfen, so lässt sich der Ort, durch dessen Zerstörung die Hyperästhesie entsteht und die coordinirte Bewegung verschwindet, noch näher begrenzen. Nach vorn und hinten ist sie eingeschlossen durch zwei Linien, welche von den freien Enden der vorderen und hinteren Commissur aus senkrecht auf die Halbirungslinie des querdurchschnittenen Markes gegen die freie Oberfläche des letzteren gezogen werden; nach innen wird sie begrenzt durch den Körper der grauen Masse, nach aussen durch eine Linie, welche die Spitzen der Ausläufer mit einander verbindet, die aus der grauen in die weisse Masse hineinstrahlen. Mit einem Wort, der Abschnitt, in welchem die genannten Faserungen verlaufen, umfasst etwas weniger als die innere Hälfte des mittleren Drittels der Seitenstränge. — In den Abschnitten des Seitenstranges, welche ausserhalb des eben bezeichneten Gebietes liegen, vertheilen sich zwar überall motorische Faserungen, diese aber scheinen nicht für alle Abtheilungen des Beines gleichmässig gemischt zu sein, denn zum öfteren wurden die Muskeln des Fusses gelähmt, wenn das äussere Drittel der Seitenstränge weggeschnitten war, und umgekehrt, sie blieben beweglich, wenn das genannte Stück erhalten und das mittlere Drittel des Stranges verletzt gewesen. Unter diesen Umständen trat dagegen eine Lähmung in den Muskeln des Hüftgelenkes ein. Diesem Befunde gemäss wird man die Bahnen für die Muskeln des Unterschenkels und des Fusses weiter nach dem seitlichen Umfange der Seitenstränge, die des Oberschenkels dagegen mehr gegen die Mitte desselben zu suchen haben.

Auffallend endlich ist es, dass man sowohl in der Richtung

von vorn nach hinten, als auch in der von rechts nach links grössere Stücke des Seitenstranges entfernen kann, ohne dass die Functionen der sensiblen und motorischen Theile des Beines leiden, trotzdem dass sich der sensible und motorische Charakter der entfernten Stücke mit Sicherheit nachweisen lässt. Vorausgesetzt, dass das ungestörte Bestehen der Leistungsfähigkeit nicht ein scheinbares, durch die Mangelhaftigkeit unserer Prüfungsmittel vorgetäuschtes ist, so muss man annehmen, dass derselbe Muskel oder dieselbe Hautfläche schon innerhalb des Rückenmarkes auf verschiedenen Stellen seine Vertretung findet. Dieses Verhalten würde an ein entsprechendes der Nervenwurzeln erinnern, von denen, wie *Eckhard, Peyer* und *Türk* nachgewiesen haben, ebenfalls je zwei oder drei verschiedene dasselbe Gebiet versorgen.

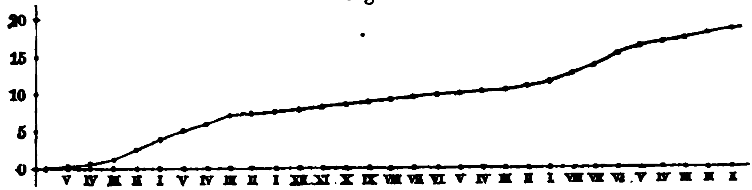
5. Die eigenthümliche Stellung, welche den mitgetheilten Versuchen gemäss die Seitenstränge innerhalb des Rückenmarkes einnehmen, muss sich auch im anatomischen Bau derselben ausdrücken. Um hierüber Aufschluss zu erhalten, schien es gerathen, die Flächenmasse der einzelnen Rückenmarkstränge auf verschiedenen Höhen sowohl unter einander als auch mit dem Flächeninhalt der Wurzelquerschnitte zu vergleichen, welche entweder von unten bis zu dem Orte des Markes eingetreten waren, an welchem die Querschnitte der einzelnen Stränge gemessen wurden, oder aber nur derjenigen Wurzelquerschnitte, welche auf der Höhe des gemessenen Ortes ausgetreten waren. Die Möglichkeit zur Ausführung dieser Vergleichungen gewährt uns das inhaltsreiche Werk von *B. Stilling* über den Bau des Rückenmarkes. Im zweiten Bande desselben sind planimetrische Messungen am Menschen, sowohl der Querschnitte aller Nervenwurzeln, als auch diejenigen der Querschnitte aller Stränge in den Höhen vor dem Austritte einer jeden Wurzel enthalten. Aus diesen Zahlen lässt sich sehr übersichtlich eine Vergleichung gewinnen, wenn man die Reihen aller zu einander gehörenden Flächenwerthe als Ordinaten über die fortlaufende Länge des Rückenmarkes aufträgt. Auf diese Weise bildete ich mir zunächst zwei Curven aus den Wurzelflächen. Die erste, welche in Figur 6 (Seite 300) dargestellt ist, wurde dadurch gewonnen, dass die Abscisse in so viele gleiche Abtheilungen (von je 3 Mm.), als Wurzelpaare aus dem Rückenmarke entspringen, getheilt ward. Auf jeder einzelnen dieser Abtheilungen wurde durch eine Ordi-

nate der Flächeninhalt des dort austretenden Paares aufgetragen, wobei ein Millimeter der Ordinate einem Quadratcentimeter der Wurzelfläche entsprach. Wir wollen diese Curve als die der veränderlichen Nervenflächen bezeichnen.

Fig. 6.

Ausser dieser bildete ich für den Flächeninhalt der Nervenwurzeln noch eine zweite, Fig. 7, welche als summirte der

Fig. 7.



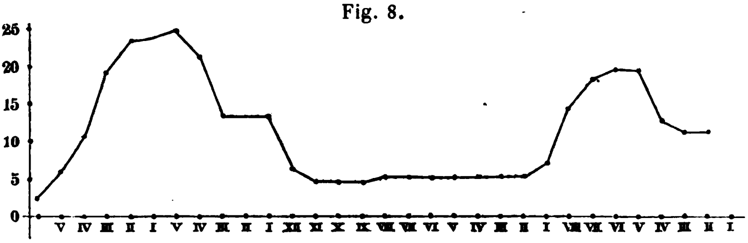
Wurzelflächen bezeichnet werden soll. Die Abscisse dieser trug dieselbe Eintheilung wie die frühere (3 Mm.). Auf jede Abtheilung derselben wurde aber nun die Summe der Flächen aufgetragen, welche alle Wurzeln besitzen, die unterhalb aus dem Rückenmarke hervorgehen. Diessmal entsprachen 1 Mm. der Ordinate 5 □Centim. der Nervenfläche.

Die Curve 6 zeigt auf ihrem Verlauf zwei Berge, entsprechend der grösseren Zahl von Wurzelfäden, welche vom Lenden- und vom Halstheile des Markes hervortreten. Dazwischen liegt eine tiefe Einsenkung. Die Curve 7 dagegen steigt von ihrem Anfang, von den Steissbeinnerven an bis zum oberen Markende, fortwährend empor, zweimal jedoch steiler, den Orten entsprechend, welche in Curve 6 einen Berg besassen.

Neben diesen wurden Curven für die mit den Wurzelaustritten veränderlichen Flächen der grauen Masse, der Seiten-, Vorder- und Hinterstränge entworfen. Die Abscisse war wie früher getheilt; 1 Mm. der Ordinate entspricht dagegen 1 □Ctm. Fläche. Figur 8 (S. 301), welche die Flächenänderungen der auf einander folgenden Querschnitte der grauen Masse darstellt, zeigt im Allgemeinen dieselbe Gestalt, wie die Curve

der veränderlichen Nervenflächen. Auch sie besitzt zwei Berge und ein dazwischen liegendes Thal und dieses genau an denselben Stellen, an welchen sie auch in Figur 6 vorkamen. Die

Fig. 8.



Uebereinstimmung erstreckt sich sogar soweit, dass ihr Thal, welches dem Dorsalmarke entspricht, fast so tief wie am untern Ende des Lendenmarkes herabgeht. Eine Abweichung findet sich erst ein, wo das Hals- in das verlängerte Mark übergeht; hier weicht aber schon nach andern Richtungen hin der Bau des Markes von tiefer gelegenen Stücken ab.

Durchaus anders verhält sich Fig. 9, welche die mit den Wurzelaustritten veränderlichen Flächen der Seitenstränge verzeichnet; in ihr wachsen die Ordinaten in dem Maasse, in welchem die Summe der Wurzelflächen von unten nach oben zunimmt, und zwar so regelmässig, dass man auf den ersten Blick

Fig. 9.

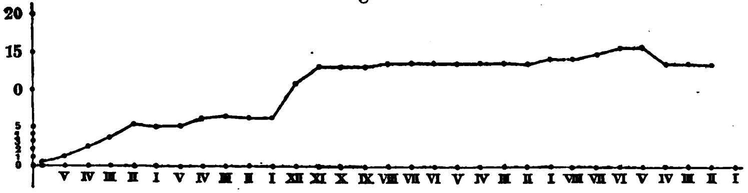


Fig. 9 als eine Wiederholung von Fig. 7 ansehen könnte. Erst bei genauerer Betrachtung ergeben sich Unterschiede. Diese bestehen zunächst darin, dass beide Curven gegen einander verschoben sind, indem das Ansteigen der Querschnittsflächen des Seitenstranges später als dasjenige der Wurzelsummen beginnt. Namentlich tritt dieses auffallend bei der starken Steigung hervor, die sich in beiden Curven in Folge des Zuwachses der Lendennerven ereignet, denn während, wie selbstverständlich, die Wurzelfläche mit dem Hinzutritt der un-

teren Lendennerven rasch anschwillt, macht sich der Einfluss derselben auf den Seitenstrang erst in der Region der obern Lenden- und untern Brustnerven geltend, gerade so, als ob die Fortsetzungen der untern Lendennerven, welche in die Seitenstränge übergehen, erst auf eine längere Wegstrecke in der grauen Masse verblieben wären. In der That erstreckt sich auch, wie Fig. 8 zeigt, die Lendenanschwellung der grauen Masse bis in die Region des letzten Brustnerven hinein. — Eine zweite Abweichung der beiden übereinander gelegten Curven prägt sich am oberen Ende des Halsmarkes aus; hier sinkt die Ordinate des Seitenstranges ab, während die der Wurzelflächen noch zunimmt. Wenn man erwägt, dass unmittelbar vor dem verlängerten Marke die Seitenstränge ihre kurz nachher weiter durchgeführte Zersplitterung beginnen, so wird man in diesem Mangel an Uebereinstimmung keinen Widerspruch dagegen finden: dass die Seitenstränge von unten nach oben gerade so wachsen, als ob sie in ihrer Masse eine gewisse Anzahl von Fasern aus jedem neu hinzukommenden Nerven sammelten und dem Gehirn zuführten. — Wie gross der Antheil sei, den die Seitenstränge aus den Nervenwurzeln aufnehmen, wird erst zu entscheiden sein, wenn wir die Zahl und den Zuwachs an Fasern kennen, den der Querschnitt des Seitenstranges durch den Hinzutritt jeder Wurzel empfängt. — Als eine weitere Bestätigung der hier gewonnenen Anschauung sehe ich eine Bemerkung von *Henle* [1]) an, in welcher er mittheilt, dass es ihm nur in den Seitensträngen gelungen sei, Fasern aufzufinden, welche aus der grauen Masse hervorgehend nach aufwärts umbiegen.

In der Mitte zwischen der grauen Masse und den Seitensträngen stehen die hinteren und vorderen; denn die Aenderung ihres Querschnittes weist auf eine Zusammensetzung aus zwei Theilen hin, einem, der mit der wachsenden Zahl der eintretenden Wurzeln von unten nach oben zunimmt, und einem andern, dessen Umfang von der Zahl der Nervenfasern bedingt ist, die in den auf gleicher Höhe entspringenden Wurzeln enthalten sind. Nach den früher gegebenen Regeln sind in Fig. 10 die Vorderstränge, in Fig. 11 dagegen die Hinterstränge dargestellt;

1) Handbuch der systematischen Anatomie. III. Bd. p. 70.

aus den Curven ist ersichtlich, dass der mit der Länge des Rückenmarkes von unten nach oben zunehmende Antheil dieser Stränge in den hinteren grösser als in den vorderen ist.

Fig. 10.

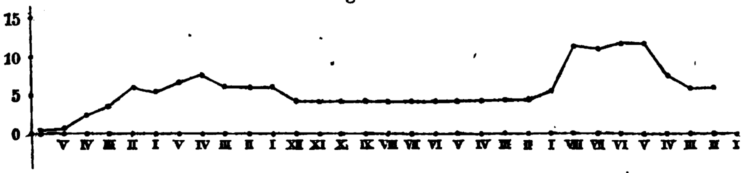
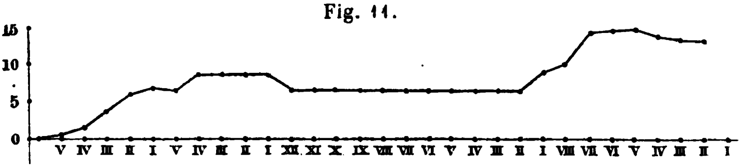


Fig. 11.



6. Der Grad, bis zu welchem der Faserverlauf innerhalb des Rückenmarkes der Kaninchen und des Menschen mit einander übereinstimmen, müsste sich selbstverständlich auch durch die Erfahrungen der Pathologen finden lassen, indem man zu Rathe zöge entweder den Ausfall von gewissen Functionen in Folge localer Verletzung, oder durch die Richtung, in welcher die Atrophie der Fasern fortschreitet, wenn diese durch das Wegfallen ihrer normalen Erregung in dauernde Ruhe versinken. Versucht man unter Benutzung der klinischen und pathologisch-anatomischen Schriften sich einen Aufschluss zu verschaffen, so sieht man sich alsbald in ein schwieriges und umfangreiches Unternehmen verwickelt, vorzugsweise deshalb, weil seine Durchführung eine sorgfältige Kritik aller bekannt gewordenen Beobachtungen verlangt. Denn unzweifelhaft können bei dem ungleichen Grade von Sorgfalt, der auf die Erhebung und die Darstellung des Thatbestandes verwendet ist, nicht alle Fälle gleichberechtigt benutzt werden. Eine erste Vorarbeit würde also darin zu bestehen haben, Kennzeichen aufzustellen, nach welchen eine Auswahl unter dem vorliegenden Material zu treffen wäre. Da es mir hierzu an Zeit und vor Allem an Beruf fehlt, so dürfte es sich empfehlen, eine solche Arbeit Anderen zu überlassen, welche den pathologischen Studien schon näher getreten sind. Eine kritische Durchmusterung der bekannt gewordenen Fälle wird unzweifelhaft werthvolle Ergebnisse zu Tage

fördern; hierfür spricht schon die Ausbeute, die uns eine cursorische Betrachtung der Literatur gewährt. Keinen Falls ist durch die bisher bekannten Beobachtungen die Annahme beseitigt, dass zwischen dem Faserverlauf im Menschen- und Kaninchenmark in vielen Punkten vollkommene Uebereinstimmung bestehe. Ausser dem schon oben erwähnten von *W. Müller* beschriebenen Falle treten für den Verlauf sensibler und motorischer Bahnen innerhalb der Seitenstränge die secundären Degenerationen ein, welche von *Türk*[1]) beobachtet wurden, wenn entweder apoplektische Herde in den Grosshirnganglien oder Zerstörungen ganzer Rückenmarksabschnitte längere Zeit hindurch bestanden hatten. Dafür, dass in den Seitensträngen Bahnen beherbergt werden, welche die Coordination der Bewegungen besorgen, finden sich, wie mir scheint, Beweise in den von *Westphal*[2]) beschriebenen Fällen mit körniger Degeneration der genannten Stränge. Andererseits erscheint es auch sehr beachtenswerth, dass bedeutende Zerstörungen innerhalb beschränkter Abschnitte der grauen Masse beschrieben werden, ohne dass gleichzeitig allgemeine Störungen in der Empfindung und Bewegung angemerkt sind.

---

1) Wiener akademische Sitzungsberichte. VI. Bd. p. 288 und XI. Bd. p. 93.

2) *Virchow's* Archiv. 39. Bd. p. 161.

SITZUNG AM 19. DECEMBER.

Dr. A. Mosso, *Von einigen neuen Eigenschaften der Gefässwand.* Aus dem physiologischen Institute zu Leipzig. Vorgelegt von dem wirkl. Mitgliede *C. Ludwig.*

Mit 22 Holzschnitten.

Der künstliche Blutstrom durch überlebende Organe wurde in früheren Versuchsreihen mit der Absicht angewendet, um neue Erfahrungen über die Reizbarkeit, die Athmung und die Absonderung zu gewinnen. Nun lag es nahe mit demselben Mittel auch die Lebenseigenschaften der Gefässwand zu studiren, welche unmittelbar auf den Strom zurückwirken. Ihre Befähigung in den Strom einzugreifen der innerhalb des von ihr umschlossenen Raumes verläuft empfängt aber die Gefässwand vorzugsweise durch die veränderliche Nachgiebigkeit des Stoffes aus dem sie gebildet ist. Somit bestand die Aufgabe deren Lösung ich auf den Rath des Herrn Prof. *Ludwig* übernommen hatte genauer ausgedrückt darin die Bedingungen aufzusuchen, unter welchen sich der irritable und elastische Tonus der Gefässwand ändert. Dieses Unternehmen könnte möglicher Weise von einer ähnlichen Bedeutung für die Erkenntniss der lebendigen Eigenschaften der Gefässwand und ihres Einflusses auf den Blutstrom werden, wie es die Untersuchungen am ausgeschnittenen Nerven-Muskelpräparate für die lebendigen Muskelbewegungen geworden sind. Diese Hoffnung geht meiner Ueberzeugung nach ihrer Erfüllung entgegen, wenn auch die vorliegende Untersuchung nur den ersten Schritt auf einer langen Bahn gethan hat.

Bevor ich mit der Darstellung meiner eigenen Versuche beginne darf ich nicht unerwähnt lassen dass sich schon vor mir Herr Prof. *P. Heger* mit demselben Gegenstande in dem hiesigen Institute beschäftigt hat. Von dem Ergebniss seiner Arbeit gab er in einer Thése »Experiences sur la circulation du sang dans des Organes isolés Bruxelles 1873« Nachricht. Obwohl Herr *Heger*

durch seine Berufsgeschäfte daran verhindert war den Beobachtungen die erforderliche Ausdehnung zu geben, so verdanke ich ihm doch manchen Fingerzeig der mir sehr zu gute gekommen ist.

I. Anordnung des Versuches.

Insofern sich der Versuch, wie es in der Regel der Fall sein wird, auf undurchsichtige Gefäss-Gebiete erstreckt, können die verschiedenen Nachgiebigkeitsgrade der Wand nur aus den Variationen erkannt werden, welche die Stromstärke erfährt, trotzdem dass sich die Druckunterschiede an den Grenzen der Strombahn und die mechanischen Eigenschaften der Flüssigkeit unverändert erhalten haben. Wenn unter diesen Bedingungen das in der Zeiteinheit ausgeflossne Volumen gewachsen war, so durfte man auf eine vermehrte, im entgegengesetzten Falle aber auf eine verminderte Dehnbarkeit schliessen. Als eine unentbehrliche Zugabe zur Ermittelung der Stromstärke musste, wie die Versuche alsbald lehrten, die Bestimmung des mit der Stromdauer veränderlichen Organ-Volums hinzutreten, weil nur hiedurch festzustellen war, ob eine Hemmung des Stromes durch die Wand im engeren Wortsinn genommen oder durch eine Schwellung der sie umgebenden Gewebsmassen verursacht war. Ist dieses letztere der Fall, so vermindert sich die Ausflussgeschwindigkeit mit dem steigenden Umfange des Organs. — Da in jedem meiner Versuche der Druck und die mechanischen Eigenschaften der strömenden Flüssigkeit constant bleiben mussten, so beschränkten sich die Variationen einerseits auf die Aenderungen im Gasgehalt des Blutes und auf Vergiftungen desselben durch sehr kleine Dosen von Arzneimitteln und andererseits auf electrische Reizungen des durchströmten Organes und auf die Ungleichheit seines lebendigen Zustandes wie sie sich nach verschieden langer Dauer des Ueberlebens von selbst einstellt. Den ausgesprochenen Forderungen gemäss musste mein Apparat aus mehreren Stücken bestehen: einem nämlich durch welches der Druck an der Arterienmündung beliebig veränderlich, aber für die Dauer einer bestimmten Zeit constant gemacht werden konnte; einem zweiten durch welches das veränderliche Volumen des Organes, und einem dritten durch welches die aus der Vene geflossene Blutmenge zu messen war.

Maassregeln zur Erhaltung des unveränderlichen Druckes. — Der Theil des Apparates durch welchen der für passend erachtete

Druck während der Dauer einer Beobachtung constant erhalten wurde, bestand (Fig. 1. p. 309) aus einer mariottischen Flasche *B*, welche an einem Seile *A* befestigt war, das über eine an der Zimmerdecke eingeschraubte Rolle lief. Mit Hilfe einer Kurbel und eines Sperrrades konnte jene höher oder niedriger gestellt werden. Der Hals dieser Flasche tauchte in einen Trichter *C*, welcher in einen Kautschukschlauch *DD'* auslief und mit einer geräumigen Woulffschen Flasche *E* in Verbindung stand. Die Luft welche in dieser Flasche eingeschlossen war, lag also unter dem constanten Drucke einer beliebig hohen Wassersäule, sie konnte vermittelst eines Glashahnes *F* und eines Kautschukrohres zu anderen kleinen mariottischen Flaschen *GG'*, in welchen das Blut für den künstlichen Kreislauf enthalten war, geleitet werden.

Jede dieser kleinen mariottischen Flaschen *GG'* bestand aus einem Kolben mit langem Halse, welcher in ein cylindrisches Gefäss *HH'* (Pulverglas) eintauchte und beinahe bis auf dessen Boden herabging. Der Hals des Kolbens war durch einen Kautschukstöpsel geführt, welcher das Pulverglas gegen die Atmosphäre abschloss, dieser Stopfen war ausserdem noch von einer Zinnröhre durchsetzt, welche die comprimirte Luft aus dem Druckgefässe *E* zuführen konnte. Der Boden des Pulverglases trug in der Mitte einen Tubulus; durch diesen wurde vermittelst eines Trichters Blut in den Kolben eingegossen, während dessen Mündung nach oben gerichtet war. Hierauf wurde bevor der Kolben umgestürzt ward an die Ausflussröhre eines jeden Pulverglases ein Kautschukschlauch *LL'* befestigt, der das Blut in die Organe leitete. Der mit Blut gefüllte Kolben functionirte sonach ebenfalls als mariottische Flasche. Solcher Systeme waren 2 oder 3 zur Disposition und konnten durch Quetschhähne mit der Druckflasche beliebig in oder ausser Verbindung gesetzt werden. Die mariottischen Flaschen erhielten demnach das zur Circulation zugelassene Blut unter dem genannten constanten Drucke.

Da der Spiegel des Blutes in den einzelnen Gefässen stets in derselben Horizontalebene beharrt und der Druck in der Woulffschen Flasche immer constant bleibt, so ist nicht zu bezweifeln dass ein solcher Apparat den Circulationsdruck gleichmässig erhält. Die Abflussröhren der kleinen mariottischen Flaschen waren durch Glashähne *MM'* sperrbar, und mündeten sämmtlich in ein Sammelrohr ein, welches das Blut zu der Arterie des untersuchten Präparates führte. Ein Quecksilbermano-

meter *N* unmittelbar vor dem Eintritt in den Behälter, in dem das Organ lag, gestattete den Blutdruck abzulesen.

Ein flaches cylindrisches Präparatenglas *P* von 15 Centim. Durchmesser durch einen eingeschliffenen Glasdeckel *O* verschliessbar, nahm das durchströmte Organ z. B. die Niere auf. Diese wurde auf ein seidenes Netz gelagert, welches sich mittelst eines Ringes frei im Glase ausspannte. Der Boden des Präparatenglases lief in der Mitte in einen Trichter *Q* aus, der mit einer graduirten und unten mit einem Hahn versehenen Röhre in Verbindung stand. Auf diese Weise konnte also die Menge der Exsudate und des ausgetretenen Blutes bestimmt und beliebig vermittelst des Hahnes herausgelassen werden.

Die cylindrische Seitenwandung des Glasgefässes war von drei Glasröhren durchsetzt, die erste über *P* diente dazu, das Blut dem Organe zuzuführen, das zweite Rohr leitete das aus der Vene strömende Blut in ein manometer-förmiges Glasrohr *RR'*, das dritte *U* brachte das Olivenöl, welches den von der Niere freigelassenen Raum des Präparatenglases füllte, in Communication mit einem zu beschreibenden Registrirapparate.

Messung des Organ-Volums durch den Plethysmographen. *) — Um eine schnelle, genaue und continuirliche Bestimmung des veränderlichen Volumens der Niere auszuführen, lag der Gedanke nahe, dieselbe in einen mit einer indifferenten Flüssigkeit, also mit Oel, gefüllten und abgeschlossenen Raum zu bringen und die Quantität des Oeles zu messen, die aus einer Oeffnung durch eine Röhre hinein- oder herausfliessen musste, je nachdem das Organ sich verkleinerte oder vergrösserte. Die Ausführung dieser Forderung, deren Lösung so einfach schien, zeigte in der Ausführung einige Schwierigkeiten. Es ist nämlich die Niere, ebenso wie jedes andere Organ, gegen den Druck, der auf ihre Oberfläche ausgeübt wird, ausserordentlich empfindlich; darum zeigten sogleich die ersten Versuche, bei denen das von der anschwellenden Niere verdrängte Oel in eine vertical auf dem Deckel des Behälters errichtete Röhre stieg, dass schon ein Druck von wenigen Centimetern einer Flüssigkeit von so geringem specifischem Gewichte hinreichend war, um den Abfluss des venösen Blutes zu beeinträchtigen. Jetzt musste man also darauf bedacht sein,

---

*) πληθυσμός abgeleitet von πληθύνω = füllen, vermehren.

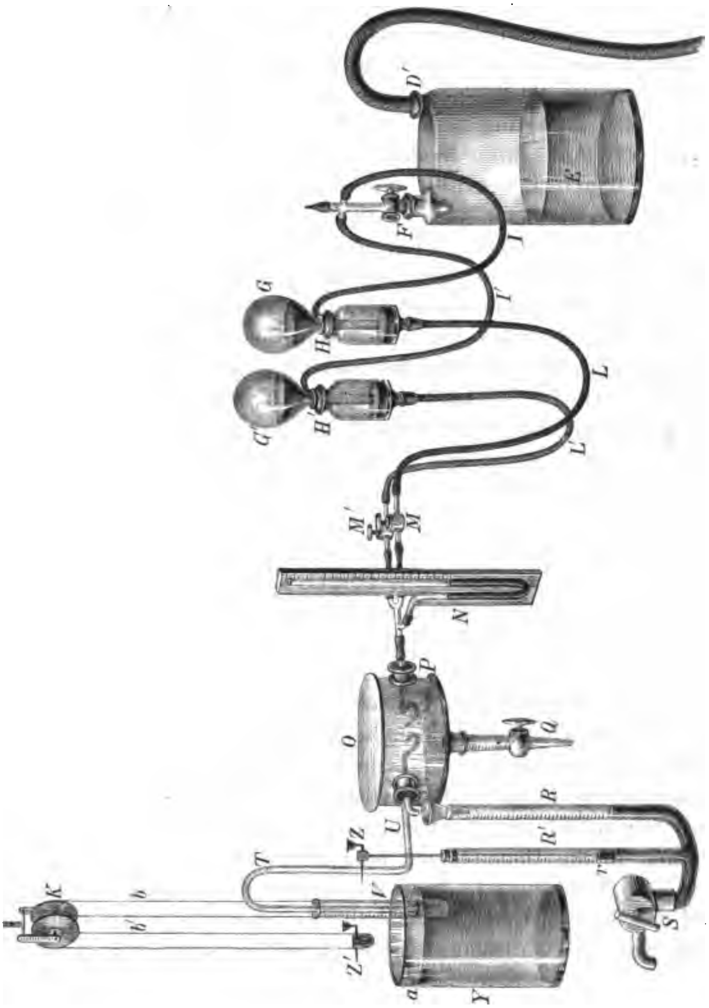


Fig. 1.

einen Apparat zu construiren mit welchem die Veränderung in dem Volumen des Oeles genau gemessen werden konnte, ohne dass dieses einen Druck auf die Niere ausübte. Dieses gelang folgendermassen: *α*. Ein sehr dünnwandiges ungefähr 16 Centimeter langes Probirgläschen *V* war an zwei Seidenfäden *bb′* aufgehängt die über eine doppelte Rolle *K* liefen und anderseits durch ein Stück Blei und eine Glasfeder *Z* wie sie zum Schreiben auf das Kymographion dient das Probirglas aequilibrirten. — *β*. Eine Glasröhre *T* leitete aus der oben beschriebenen Seitenöffnung *U* des Nierenrecipienten *P* das verdrängte Oel in das Probirgläschen *V*, der Art, dass der absteigende Röhrenschenkel, dessen Mündung sich im Niveau der Einflussöffnung befand, den Auf- und Niedergang des Probirgläschens innerhalb der hier in Betracht kommenden Grenzen nicht hinderte. — *γ*. Ein grosses Becherglas *Y* war mit Oel gefüllt, in welches das Probirgläschen *V* gesenkt und so gestellt wurde, dass sein Flüssigkeitsniveau in gleicher Höhe mit den Abflussröhren des venösen Blutes und des Oeles im Nierenrecipienten stand.

Bei Beginn jedes Versuches war das Probirgläschen *V* so hoch gezogen, dass es die Oberfläche des Oeles gerade berührte und der verticale Schenkel des Rohres *T*, welches das aus dem Recipienten verdrängte Oel in das Probirgläschen leitete, nahe über dem Boden desselben, aber wenig über dem Oelniveau des Becherglases festgehalten wurde. Nun ist es leichtverständlich, dass sich mit der Vergrösserung der Niere eine ihrer Volumvermehrung gleiche Menge von Oel in das Probirgläschen begiebt, dass dieses aber in das mit Oel gefüllte Becherglas so weit herabsinkt bis es ein seinem Inhalt entsprechendes Quantum Oel verdrängt hat. Wenn sich die Niere wieder verkleinert, wird Oel angesaugt und das erleichterte Probirgläschen schwimmt nach oben. — Stellen wir uns ein Glasrohr mit gewichtlosen Wänden vor und ferner, dass der mit Oel gefüllte Behälter gross genug sei, um bei einer Aenderung des Volumens der in ihm enthaltenen Flüssigkeit wie sie durch den eintauchenden Cylinder erzeugt wird keine bemerkbare Niveauänderung hervorbringt, so ist klar, dass der Cylinder beliebig in die Höhe steigen oder abwärts gehen könnte, ohne dass eine Aenderung im Niveau des Oeles innerhalb des äusseren und des inneren Gefässes erfolgte. Da aber unser Hohlcylinder nicht von gewichtlosen Wänden umschlossen wird, so folgt

daraus, dass er durch sein Eintauchen in Oel auch so viel an Gewicht verlieren wird, als ein gleich voluminöser Cylinder wiegt, dessen Wände aus Oel bestehen. Diese Verminderung des Gewichtes auf der einen Seite wird natürlich das vorher vorhandene Gleichgewicht stören; in Folge hievon muss das leichter gewordene Probirgläschen seine Einbusse durch einen Oelgehalt ausgleichen, mit andern Worten es sinkt dasselbe nicht so tief ein bis das Niveau des Oels in ihm und im Becherglas auf gleicher Höhe liegt, sondern nur so lange, bis das Gewicht der Oelschicht die in seinem Innern über das Oelniveau des Becherglases hervor ragt, gleich dem Verlust an Gewicht ist den seine Wand durch das Eintauchen erlitten hat.

Dieser Unterschied im Niveau, welcher in unseren Versuchen nur in wenigen Fällen die Grösse von einem Centimeter erreichte, war jedoch meistentheils so gering, dass er leicht ausgeglichen oder auch ganz vernachlässigt werden konnte. Es handelte sich ja hauptsächlich nur darum, dass das Probirgläschen jede Vermehrung und Verminderung des in ihm enthaltenen Oeles aufschrieb; dieser Zweck war nahezu dadurch erreicht, dass ich ein sehr dünnwandiges und gleichmässig weites Reagenzgläschen anwendete.

In dem Falle wo ich die Volumänderungen nicht auf der Trommel verzeichnen lassen wollte, konnte ich dieselben direct an dem graduirten und genau calibrirten Reagenzgläschen ablesen. —

Schon an diesem Orte mag es passend sein, die Ursachen zu besprechen, durch welche sich das Volumen der in das Oel eingeschlossenen Theile ändert. Eine erste derselben beruht auf dem Hervortreten von Blut aus feinen nicht unterbundenen Gefässen und auf Exsudaten die sich auf die Oberfläche des Organes ergiessen. Da sich diese Flüssigkeiten mit dem Oel nicht mengen und schwerer als diese sind, so sinken sie unvermischt zu Boden und von dort in das eingesetzte Glasrohr. Die Mengen der ergossenen Flüssigkeit können sonach bevor oder nachdem sie abgelassen sind gemessen werden. Beachtenswerth ist es dass während gewisser Perioden des Versuches eine Blutung erscheint, zu anderen Zeiten aber wieder vollkommen erlischt.

Das Volum des vom Oel umschlossenen Organes kann sich auch mehren durch Exsudate welche in den Binnenraum desselben erfolgen (Oedeme), oder auch weil die ursprüngliche

Elasticität der Gefässwand eine Einbusse erfahren hat (passive Hyperämie).

In der Curve des Plethysmographen prägen sich diese Vorgänge dadurch aus, dass dieselbe mit der wachsenden Dauer des Stromes stetig ansteigt, trotzdem dass keine wässerige Flüssigkeit in das Oel übergetreten ist. Die Aenderung des Volum kann in diesem Falle durch Wägungen der Niere vor und nach dem Versuche constatirt werden. Dass die Gewichtszunahme zum Theil auf einen vermehrten Blutgehalt zurückzuführen sei, ergiebt sich aus der Farbe; in der Regel ist diese viel dunkler, nachdem der künstliche Blutstrom dauernd bestanden, als zu der Zeit in welcher die Niere aus ihrem natürlichen Standorte entfernt wurde.

Eine dritte Gattung von Volumänderung geht mit der Stärke des Stromes einher. Dieses kann so geschehen, dass die Ausflussmenge aus der Vene und das Volumen der Niere gleichzeitig wachsen und sinken, oder auch so, dass mit dem zunehmenden Volumen des Organes die Ausflussgeschwindigkeit abnimmt. — Im ersteren Falle wird man auf eine allgemeine Erweiterung der Strombahn zu schliessen haben die in Folge einer vermehrten Nachgiebigkeit der Arterienwand und des hiedurch beschleunigten Zuflusses in die Capillaren eintritt.

Wenn dagegen mit der abnehmenden Ausflussmenge das Nieren-Volum wächst und letzteres auch alsbald wieder abnimmt wenn die erstere im Ansteigen begriffen ist, so kann dieses soweit ich sehe nur aus einem Wechsel von Verengerung und Erweiterung erklärt werden, der in den Stromwegen zwischen der Ausflussmündung und den Capillaren, also in den Venenwurzeln eintritt.

Messungen der aus der Vene fliessenden Blutmenge. — Das letzte Stück meines Apparates (p. 309) bestand aus einem U-förmigen Rohre *RR'*, in dessen einen Schenkel *R* das venöse Blut einfloss, während sich in dem andern ein Schwimmer *R'* befand, welcher die Menge des eingeflossenen Blutes auf die Trommel aufzeichnete. Die beiden Schenkel waren gleichweit und graduirt; jedem Centimeter Höhe entsprach annähernd genau ein Ccm. Blut. Diese Einrichtung gewährte den Vortheil, das augeflossene venöse Blut direct von der Trommel in Ccm. ablesen zu können. Weil aber eine solche Messung für jede Zeiteinheit des Versuches wiederholt werden musste, so setzte sich das untere Ende des

U-förmig gebogenen Rohres in eine Röhre fort, die mit einem Hahn *S* versehen war; so konnte man nach jeder Ausflussbestimmung die Feder des Schwimmers wieder auf die Abscisse zurückbringen.

Vorbereitung der Niere. — Die ersten Versuchsreihen die ich mit Hilfe dieses Apparates ausführte, geschahen an den Nieren grosser Hunde. Um sie der Beobachtung zugängig zu machen verfuhr ich folgendermassen. Nach einer anfänglichen Blutung aus den Carotiden, welche bis zum Beginn der bekannten Krämpfe fortdauerte, wurden die Arterien wieder geschlossen und das Thier sich selbst überlassen. Währenddess wurde das Blut defibrinirt und theilweise in eine Flasche gefüllt, um sogleich nach dem Tode das gerinnbare Blut aus der Niere entfernen zu können. War dieses vollendet, so wurden die Arterien von Neuem geöffnet. Bei der zweiten Blutung die bis zum Tode des Thieres dauerte, wandten wir jeden Kunstgriff an, um aus den Gefässen des Thieres möglichst viel Blut zu gewinnen.

Sobald der Mangel an Blut oder ein Stich in das verlängerte Mark das Thier empfindungslos gemacht hatte, wurde die Bauchhöhle geöffnet und eine Canüle in die Nierenarterie, eine andere in die Nierenvene eingebunden, dann wurden alle die kleinen Gefässe, welche mit benachbarten Geweben communicirten, unterbunden und in wenigen Minuten konnten wir die Niere herausnehmen um sofort den künstlichen Kreislauf einzuleiten, durch welchen zunächst das gerinnbare Blut aus der Niere entfernt werden sollte. Die Beschreibung dieser Vorbereitung darf ich nicht schliessen ohne die Bemerkung einzuschalten, dass auf das sorgfältigste dem Eintritt von Luft in die Nierengefässe vorgebeugt wurde. Zu diesem Zwecke legte ich, ehe die Niere von ihrem natürlichen Standort entfernt war, eine Schlinge um die Arterie unmittelbar vor ihrer Theilung und setzte in den Stamm die Glascanüle ein. Bevor die letztere an den Schlauch der Druckflasche gesetzt wurde, füllte ich mit einem fein ausgezogenen Glasröhrchen ihr Lumen vollkommen mit defibrinirtem Blute aus.

II. Beginn des künstlichen Stromes.

Wenn man nach Vollendung aller Vorbereitungen den Hahn der Flasche öffnet, welche das defibrinirte Blut enthält mit dem man den Rest des gerinnbaren aus der Niere auszuwaschen

wünscht, so ereignet es sich öfter, dass das in den Arterienstamm eingedrungene Blut nicht vorwärts schreitet, obwohl es unter einem Drucke ruht, der sonst durch andere und auch später durch dieselbe Niere den Strom zu unterhalten vermag. Erst nach Verfluss einer längeren Zeit, die von einigen Minuten bis zu einer vollen Stunde dauern kann, setzt sich das Blut in Bewegung. Sowie dieses geschieht, färbt sich die bis dahin röthlich gelbe Oberfläche der Niere dunkler. Diese Farbenänderung beginnt jedoch nicht überall gleichzeitig; zunächst röthen sich einzelne Inseln, die ihrem grösseren Füllungszustand entsprechend über den Spiegel der blassgebliebenen Flächen emporsteigen. Allmählig nimmt die Zahl der durchströmten Orte zu, bis schliesslich die Färbung und der Schwellungsgrad überall die gleichen sind.

Die Ursache der beschriebenen Stockung darf nicht in verstopfenden Gerinnseln gesucht werden und zwar desshalb nicht, weil der Arterienstamm leer war bevor das defibrinirte Blut eindrang. Hätte er aber auch gerinnbares Blut enthalten, so würde dasselbe wegen der kurzen seit dem Ende des natürlichen Stromes verflossenen Zeit innerhalb der Gefässe noch nicht geronnen sein. Bei der Anwesenheit von Gerinnseln würde zudem der plötzliche, oft schon nach wenigen Minuten erfolgende Eintritt des Stromes unmöglich werden. Gegen ihre Anwesenheit spricht auch das allmählig auf einander folgende Einfliessen des Blutes in die einzelnen Abtheilungen der Niere; denn da die Stockung ursprünglich eine vollständige war, so könnte diese, unter der Voraussetzung dass sie von Blutpfröpfen abhinge, doch nur durch eine bedeutende Grösse der letzteren bedingt sein.

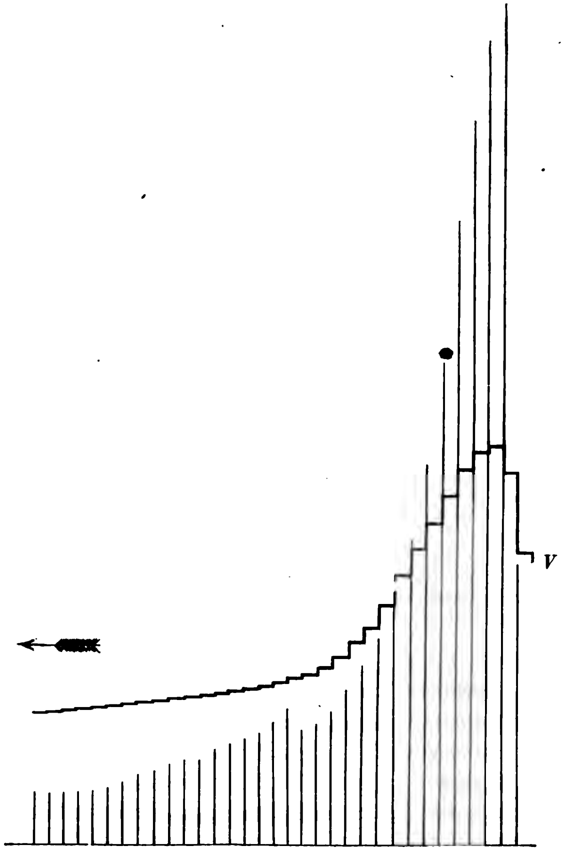
Endlich aber ist es ganz unthunlich die Hemmung des Stromes alsdann verstopfenden Gerinnseln zuzuschreiben, wenn, wie es öfter geschieht, der schon im vollen Gang begriffene Fluss des faserstofffreien Blutes ganz plötzlich von Neuem stockt um darauf abermals in Bewegung zu gerathen.

Nicht jede der frisch ausgeschnittenen Nieren verwehrt dem Blute den Eingang. Sie zeigen sich im Gegentheil nach dieser Richtung hin mit sehr verschiedenen Eigenschaften begabt. Am ausgeprägtesten beobachtete ich den Eingangswiderstand an den Nieren zweier alten Hunde und öfter an denen der Kaninchen. Bei diesen letzteren gelang es die Bahnen durch Eintauchen der Organe in eine halbprocentige Kochsalzlösung zu eröffnen, die auf 37° C. erwärmt war.

Die Arterien der Niere verhalten sich also dem defibrinirten Blute gegenüber bald wie die des Darmes und der Haut und bald wie die der quergestreiften Muskeln, von denen sich die ersteren gegen den Eintritt des Blutes sehr anhaltend sperren, während die der letzteren denselben ungehindert geschehen lassen.

Nachdem durch einen mehrere Minuten lang fortgesetzten Strom defibrinirten alles gerinnbare Blut aus den Gefässen der

Fig. 2.

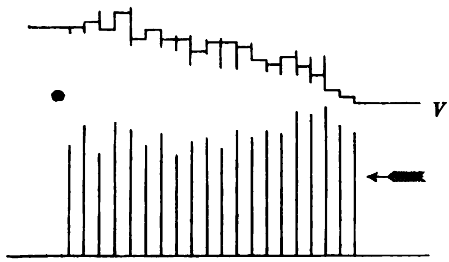


Defibrinirtes arterielles (apnoisches) Blut strömt unter einem Druck von 90 Mm. Hg. durch die seit zwei Stunden überlebende Niere. Die geraden ausgezogenen Linien messen d. Volum des in 1. Min. aus der Vene geflossenen Blutes. Ein Ctm. ihrer Länge entspricht 2 Ccm. Blut. Die gebrochene Linie *V* ist vom Plethysmographen geschrieben; sie giebt also die Volumänderung der Niere an.

Niere ausgespült, diese mit den schon erwähnten Vorsichten in das Innere des Präparatenglases gebracht und mit Oel umgeben ist, wird der Blutstrom von Neuem eingeleitet. Von diesem Augenblicke an, wo die Beobachtung des Stromes mit genaueren Hilfsmitteln geschieht, bemerkt man eine Schwellung der Niere, die einige Zeit hindurch fortschreitet, bevor das Blut aus der Vene abtropft. Alsbald erreichen Strom und Schwellung des Organes ein Maximum; auf diesem erhalten sie sich jedoch meist nur kurze Zeit, indem beide und vor allem die Geschwindigkeit geringer und geringer werden. Siehe Fig. 2 vorhergehende Seite.

Dieses Absinken erfolgt jedoch nicht immer so stetig, wie in dem eben vorgelegten Beispiel; es kann auch mit Schwankungen geschehen, indem Zeiten grösserer mit solchen von kleinerer Geschwindigkeit abwechseln, wobei sich dieser letzteren entsprechend auch das Volumen der Niere ändert.

Fig. 3.



Apnoisches Blut. Druck 80 Mm. Hg. Niere sogleich nach dem Tode. Die geraden Linien messen das Volum des in 2 Minuten aus d. Vene geflossenen Blutes; jeder Ctm. entspricht einem Ccm. Blut. Die gebrochene Linie V ist vom Plethysmographen gezeichnet; sie misst die Volumänderung der Niere.

Diese Schwankungen geschehen ohne dass auch nur die geringste Veränderung in den äusseren Bedingungen eintritt unter welchen sich die Niere befindet. Da der Stromdruck, die Art des Blutes, die Temperatur, die Lage und Gestalt der Ausflussmündung durchaus die gleichen bleiben, während die Geschwindigkeit des Stromes und das Volumen der Niere sich auffallend verändern, so muss die Ursache hiefür im Innern der Niere selbst gelegen sein.

Bei der Frage nach dem Mechanismus, welcher jenem Wech-

sel der Stromgeschwindigkeit zu Grunde liegt, erinnert man sich sogleich der bekannten Bewegungen kleiner Arterien innerhalb solcher Gefäss-Gebiete, deren Nerven aus ihrer Verbindung mit dem Gehirn und dem Rückenmarke gelöst waren. Nachdem zuerst durch die sorgfältigen und oft bestätigten Beobachtungen von *Schiff* eigene Bewegungen der Gefässwand in den kleinen Arterien der Ohrmuschel bekannt geworden waren und *Lovén* gezeigt hatte, dass ähnliches auch an anderen Orten stattfinde, suchte man allgemein ihre Veranlassung in veränderlichen Erregungen der Gefässnerven von Seiten der automatischen und reflectorischen Centren. Ohne zu bestreiten, dass hierin für gewöhnlich eine ergiebige Quelle der rhythmisch auftretenden Arterien-Contractionen zu finden sei, haben indess später *Gunning* und *Cohnheim* am Frosch, *L. Brunton* am Kaninchen nachgewiesen, dass die Dazwischenkunft der nervösen Centren für die eigenen Bewegungen der kleinen Arterien nicht nothwendig sei.

Die Gründe, welche mich bestimmten, die periodisch wiederkehrenden Schwankungen in dem Strome und im Umfang der ausgeschnittenen Niere auf Bewegungen ihrer kleinen Arterien zu beziehen, sind manigfaltig. Zunächst sprechen hiefür die zeitlichen Erscheinungen beider Vorgänge, denn die sichtbaren Zusammenziehungen der lebenden Gefässe, deren Nerven durchschnitten sind, und die uns hier beschäftigenden Veränderungen im überlebenden Organe treten beide in unregelmässigen Intervallen auf, sie kehren, einmal erschienen, an demselben Orte wiederholt zurück und die Umformung des erschlafften in den zusammengezogenen Zustand beziehungsweise der Uebergang aus einer Geschwindigkeit in die andere erfolgt ganz allmählig und beansprucht beide Male ungefähr dieselbe Zeit. — Es erklären sich auch die Beziehungen, welche zwischen der Aenderung des Umfanges der Niere und ihrer Stromgeschwindigkeit bestehen, aus einem Hinderniss, welches die Zusammenziehung der kleinen Arterien dem Fliessen bereitet. — Zudem empfängt man aus den Erscheinungen, unter welchen der Strom in der ausgeschnittenen Niere nach einer vollständigen Hemmung desselben beginnt, den unmittelbaren Nachweis dafür, dass die Ursache dieser letzteren in einer Verschliessung der kleinen Zuflusswege begründet gewesen sei. — Hiezu kommt, dass sich ausser den selbstständigen Bewegungen der Gefässwand keine Veranlassung für die Schwankungen des Stromes finden lässt. — Endlich steht auch

der Annahme von eigenen Bewegungen nichts entgegen, seitdem wir wissen, dass die irritablen Eigenschaften der Gewebe sich in überlebenden Organen sehr lange und sehr vollkommen erhalten, wenn diese von arteriellem Blute durchströmt werden. Sonach wäre es auffallend, wenn bei den vorliegenden Versuchen die selbstständigen Zusammenziehungen der Arterienwand gänzlich ausblieben. Aus allen diesen Gründen würde ich auch ohne weitere Beweise nicht angestanden haben, die Veranlassung für die vollständigen und theilweisen Stromhemmungen auf Rechnung der rhythmisch wiederkehrenden Contractionen kleiner Arterien zu schieben, wenn nicht die Einsprache einer anderen Thatsache zu beseitigen gewesen wäre.

In den ersten Stunden des Ueberlebens schwankte die Geschwindigkeit des Stromes und das Volum der Niere allerdings am häufigsten und am ausgesprochensten, aber es geschah dieses doch auch noch in viel späteren Zeiten, namentlich sah ich die rhythmischen Aenderungen wiederholt erscheinen, wenn die Niere nach einer länger dauernden Durchleitung defibrinirten Blutes aus dem Oel genommen, auf Eis gelegt und dann erst nach vielen Stunden den Durchleitungsversuchen von Neuem unterworfen war. Sollten die rhythmischen Aenderungen verschwinden, so musste die Niere mindestens 24 Stunden aus dem Thier entfernt gewesen sein und auch dann traten noch Erscheinungen ein, die sich ohne Schwierigkeit aus den übrig gebliebenen Resten der Contractionsfähigkeit erklären liessen. Eine solche Hartnäckigkeit forderte mich selbstverständlich dazu auf, nach einem unverfänglichen Beweise dafür zu suchen, dass sich unter den angeführten Bedingungen die Reizbarkeit der Nierengefässe so lange, wie es hier vorausgesetzt werden muss, erhalten könne.

III. Verhalten des künstlichen Blutstromes während der electrischen Reizung der Nieren.

Das Unternehmen, die rhythmischen Aenderungen im Volum der Niere und in der Geschwindigkeit ihres Stromes aus den Contractionen der Gefässwände zu erklären, war nur dann für zulässig zu erachten, wenn sich dieselben nach Willkür mittelst electrischer Stromschwankungen erzeugen liessen. Zu ihrer Anwendung musste also vor allem geschritten werden. Um den electrischen Strom auf eine Niere wirken zu lassen, die auf die früher

beschriebene Weise vom Blute durchflossen war, legte ich um sie zwei Electroden von Stanniol. Diese umgaben die ganze Oberfläche derselben mit Ausnahme einer Zone von etwa einem Centimeter Breite, welche dem grössten Durchmesser der Niere entlang lag. Um es dem Oel unmöglich zu machen sich als isolirende Schicht zwischen die einander zugekehrten Flächen der Electrode und der Niere einzudrängen, wurde zwischen beide ein Löschblatt eingelegt, das mit einer halbprocentigen Kochsalzlösung durchtränkt war.

Da die Blutgefässe des lebenden Thieres gegen die Angriffe der Inductions-Electricität sehr empfindlich sind, so begann ich meine Reizversuche mit dem Schlittenapparat von *du Bois*. Seine Schläge waren jedoch auf den Blutstrom und das Volumen der Niere ohne alle Wirkung, trotzdem dass ich die Intensität des Stromes von Null bis zu sehr hohen Werthen anwachsen liess. Als diese versagt hatten, wurde zu der Anwendung eines constanten electrischen Stromes gegriffen. Weil nun aber der Leitungswiderstand der Niere voraussichtlich ein grosser war, so ordnete ich fünf kleine grovesche Elemente hintereinander an und schaltete in den Kreis einen Quecksilberschluss. Während der Zeit in welcher der galvanische Reiz wirken sollte, wurde die Kette alle Secunden einmal geöffnet und geschlossen, so dass also in der Minute hundertundzwanzig electrische Schwankungen bewirkt wurden. Mit diesem Verfahren war ich glücklicher als mit Hilfe der Inductionsschläge. Ein Beispiel des erzielten Resultates giebt die folgende graphische Darstellung der Aenderungen des Volums und der Geschwindigkeit (siehe Fig. 4).

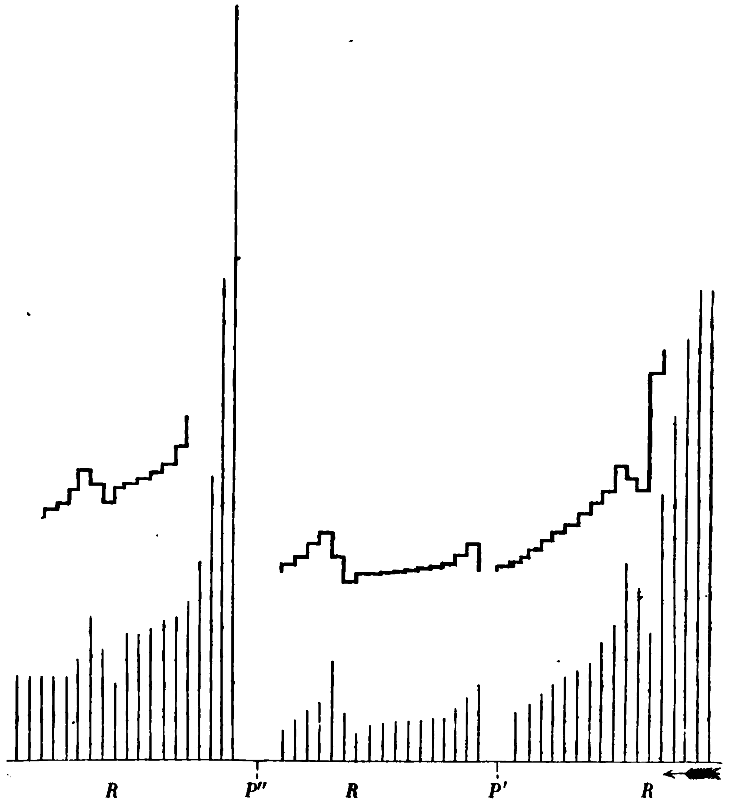
Während einer jeden electrischen Reizung minderte sich also bald mehr bald weniger die Geschwindigkeit des Blutstromes und das Volum und jedesmal folgte nach Beendigung des Reizes ein beschleunigtes Fliessen und ein Anwachsen des Umfanges. Die Erscheinungen gestalteten sich demnach genau so, wie sie in Folge der electrischen Einwirkungen auf ein contractions- und ermüdungsfähiges Gebilde zu erwarten waren.

Bei dieser Gelegenheit will ich nicht unterlassen auf die ungemeine Empfindlichkeit des Blutstromes als Prüfungsmittel für die Aenderungen der Gefässlichtung hinzuweisen. Denn es ist wohl keinem Zweifel unterworfen, dass eine Verengung der aus zahlreichen Zweigen zusammengesetzten Bahn die Geschwindigkeit des Ausflusses aus den Venen schon sehr merklich mässigen

kann, wenn jene unmittelbar an dem einzelnen Gefässe selbst mit hohen Vergrösserungen kaum zu erkennen gewesen.

Auch der Umstand verdient eine Erwähnung dass die überlebenden Nieren auf den Inductionsstrom nicht reagiren, während doch bekanntlich die Wandungen der Arterien und der Capillaren (*Stricker*, *Golubew*, *Tarchanoff*) durch denselben sehr leicht verändert werden. Dieser Unterschied des lebenden

Fig. 4.

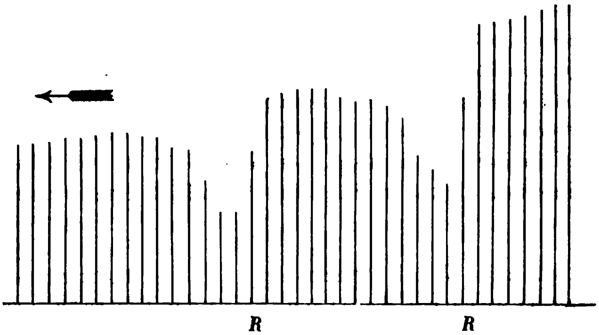


Apnoisches Blut unter dem Druck von 70 Mm. Hg. Niere gleich nach dem Tode. Die geraden Linien geben das in 1 Min. aus der Vene geflossene Blut an. 1 Ctm. Länge derselben gleich 2 Ccm. Blut. Die gebrochene Linie ist vom Plethysmographen gezeichnet, sie giebt die Volumänderungen der Niere. Das *R* unter der Abscisse giebt die Zeit der electrischen Reizung; diese dauerte jedesmal 1 Minute hindurch. *P'* und *P''* unter der Abscisse bedeuten dass zu jener Zeit 10 bez. 60 Minuten hindurch der Blutstrom unterbrochen war.

und des überlebenden Organes lässt sich nach Analogie mit anderen bekannten Thatsachen auf das Absterben der Nerven zurückführen. Bei dieser Voraussetzung bleibt es allerdings auffallend, wesshalb sich die nach den gegenwärtigen Vorstellungen nervenlosen Kerne der Capillarwandungen während des Lebens, nicht aber während des Ueberlebens in die Lichtung der Gefässe wulsten.

Während bisher nur von frischen erst seit wenigen Stunden ausgeschnittenen Nieren die Rede war, wende ich mich nun zu dem Verhalten derjenigen, welche schon einen Tag lang aus dem Thiere entfernt gewesen. Ein Beispiel für den Erfolg der Reizung ist in Holzschnitt 5. graphisch dargestellt. Die zu dieser Beobachtung gehörige Niere war die zweite desselben Thieres, dem die zum Versuch 4 benutzte angehört hatte. Unmittelbar nach der Entfernung aus ihrem natürlichen Standort war ihr gerinnbares Blut durch faserstofffreies ausgewaschen, darauf war sie 24 Stunden hindurch im Eiskasten aufbewahrt worden bevor sie von Neuem mit Blut gespeist wurde. Der Versuch über den hier berichtet wird ist im übrigen mit denselben Mitteln wie die vorhergehenden bewerkstelligt worden.

Fig. 5.



Apnoisches Blut unter dem Drucke von 60 Mm. Hg. Niere seit 24 Stunden ausgeschnitten. Die geraden Linien messen das in je 1 Minute aus der Vene geflossene Blut. 1 Ctm. Länge derselben gleich 1 Ccm. Blut. Das *R* unter der Abscisse giebt die Zeit der electrischen Reizung; sie dauerte jedesmal 1 Min. hindurch.

Diese und ähnliche Beobachtungen lehren also, dass während einer Zeit von 24 Stunden, in welcher die blutleere Niere in einer Temperatur von wenigen Graden über Null aufbewahrt wurde,

sich die Erregbarkeit der Gefässwand vollkommen erhalten hat. Denn in der That sind die durch den electrischen Reiz bewirkten Aenderungen des Volums und der Geschwindigkeit im fünften Beispiele um nichts geringer als im vierten.

Nachdem nun auch die Reizbarkeit der überlebenden Niere unverfänglich beglaubigt ist, darf man ungescheut von einem Tetanus und von rhythmischen Zusammenziehungen der Gefässwand sprechen; denn die Gründe, welche ich schon früher dafür geltend machte, dass die vollkommene Stockung und die zeitweilige Verlangsamung des Stromes auf selbstständigen Bewegungen der Gefässwand ruhen, empfangen nun ihre volle Beweiskraft.

Auf die nächste Frage, welche sich an die eben erlangte Auskunft knüpft, auf die nämlich warum trotz unveränderten Bestandes aller willkürlich beherrschbaren Bedingungen der Verkürzungsgrad des irritabeln Theiles der Gefässwand solchen Schwankungen unterworfen sei, lässt sich ohne weiteres keine Antwort geben. Ich habe mich auch nicht einmal bemüht besondere Versuche anzustellen, die zur Aufklärung hätten führen können, weil ich glaube dass andere Objecte hierzu geeigneter sind, als das meine.

Zudem lag mein ursprüngliches Ziel nach einer andern Richtung. Die Aussicht diesem näher zu treten war durch die Ergebnisse der electrischen Reizung wesentlich gewachsen, denn nun waren die Gefässe der überlebenden Niere in der That als lebendige Gebilde anzusehen. Unter dieser Bedingung empfangen sebstverständlich alle Erfahrungen, die an den ausgeschnittenen Gefässgebieten gewonnen sind, eine unmittelbare Bedeutung für die physiologischen Eigenschaften der Gefässwand überhaupt und für ihre Befähigung in den lebendigen Blutstrom einzugreifen.

IV. Ueber die Wirkungen einer vorübergehenden Unterbrechung des künstlichen Blutstromes.

Alle Beobachter, welche sich mit dem künstlichen Blutstrom beschäftigten, haben bemerkt, dass die Geschwindigkeit des Ausflusses nach einer vorübergehenden Unterbrechung des Blutstromes grösser ausfällt als sie vor derselben gewesen war. Diese Erscheinung ist namentlich von *A. Schmidt*, *Genersich*, *Heger* und *Cohnheim* hervorgehoben worden. Da jedoch eine genaue Schilderung derselben fehlte, so werde ich sie zu geben versuchen.

Um die Erscheinungen rein darzustellen liess ich das defibrinirte Blut durch die Niere erst so lange fliessen, bis sein Strom eine annähernd gleichmässige Geschwindigkeit angenommen hatte. Darauf verschloss ich den Hahn welcher vor der Arterie lag. Ist dieses geschehen, so tropft das Blut aus der Vene ab, welches sich während der vorausgegangenen Strömung in der Niere angehäuft hatte, wobei die letztere schliesslich auf das Volum zurückkommt, welches sie vor dem Beginne des künstlichen Stromes besessen hatte. Wenn die Niere diese Anforderung erfüllt, so ist damit der Beweis geliefert, dass ihr Gewebe nicht durch Oedem geschwellt und dass ihre elastische Gleichgewichtslage nicht beeinträchtigt ist. — Um das wahre Gesetz der Aenderung zu gewinnen welche die Geschwindigkeit des Stromes erleidet, wäre es nothwendig gewesen die Trommel vor dem registrirenden Manometer rotiren zu lassen, während sich der Strom im Gange befand. Da dieses jedoch wegen der langen Dauer des Versuches grosse Schwierigkeiten mit sich geführt hätte, so liess ich ebenso wie früher die Trommel während einer jedesmal gleichen Zeit stille stehen, sodass sich die während derselben in das Manometer ergossene Blutmenge durch eine gerade Linie markirte. Obwohl man durch dieses Verfahren nur die mittlern Geschwindigkeiten kennen lernt die in den stets gleichen, auf einander folgenden Zeiträumen vorhanden waren, so reichen sie für unseren Zweck doch vollkommen aus, insofern man die Zeiten nicht allzulang wählt.

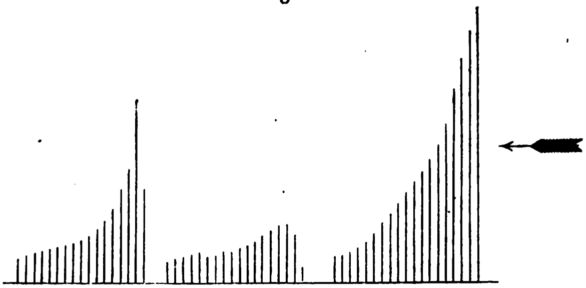
Unter den beschriebenen Umständen kommen die folgenden Thatsachen zum Vorschein. Wenn der bisher unterbrochene Strom unter dem früheren Drucke von Neuem beginnt, so fliesst nun das Blut mit einer weit grösseren Geschwindigkeit hervor als in der Zeit, welche der Pause unmittelbar voranging. Ihren hohen Werth behauptet jedoch die Ausflussmenge nicht auf die Dauer, im Gegentheil jede der nächstfolgenden Zeiteinheiten lässt eine Abnahme der mittlern Geschwindigkeit gewahren. Wenn man, wie es bei meinen Beobachtungen geschah, die in gleichen Zeiten ausgeflossenen Mengen als Ordinaten auf eine Grundlinie aufträgt und zwar alle in je gleichen Abständen von einander, so kann man durch die Verbindung der obern Enden aller zu einer Beobachtung gehörigen Ordinaten eine Curve construiren welche sich als diejenige der mittlern Geschwindigkeiten bezeichnen lässt.

Vergleicht man diese Curven, welche bei verschiedenen Versuchen, an einer oder an mehreren Nieren erhalten wurden, so sieht man, dass sich dieselben unterscheiden durch die absolute Höhe der ersten Ordinate, beziehungsweise durch den Unterschied der Grösse, welche zwischen ihr und der unmittelbar vor der Stromunterbrechung vorhandenen besteht; ferner durch die Steilheit mit welcher die Curve von ihrer anfänglichen Höhe herabsinkt, und endlich durch das Gesetz nach welchem dieses geschieht. Diesem gemäss wird die Aufgabe des Versuches in der Ermittelung der Veränderungen bestehen, welche seine Bedingungen erfahren müssen, damit die Curve der mittleren Geschwindigkeit eine bestimmte Reihe von Eigenschaften empfängt. Obwohl ich dieser Forderung nicht in ihrem ganzen Umfange nachkommen konnte, so vermochte ich doch wenigstens Einiges zu ihrer Erfüllung beizutragen. Aus meinen hieher gehörigen Beobachtungen werde ich zunächst nur diejenigen mittheilen in welchen die Curve als eine Funktion von der Dauer der Strompause und von derjenigen des Ueberlebens erscheint. Von den Erfolgen anderer Variationen wird erst später die Rede sein.

Wenn man die Wirkungen der Pausenlänge abgesondert von denjenigen auffinden wollte, welche sich in der ausgeschnittenen Niere, sagen wir in Folge ihres allmähligen Absterbens, von selbst einstellen, so könnte dieses nur durch eine Reihe von Versuchen geschehen in welchen dieselbe Dauer der Stromunterbrechung einmal auf- und absteigend vorkäme, z. B. Strompausen auf einander folgend von 10, 20, 30, 20, 10 Minuten. Durch eine Vergleichung der Mittel aus der 1. und 5., der 2. und 4. untereinander und mit der 3. Beobachtung würde es vielleicht gelingen die Folgen des Absterbens zu eliminiren, weil dieses doch nur sehr langsam fortschreitet. Ueber solche Reihen gebiete ich nicht; um sie in genügender Zahl zu erhalten wäre mehr Zeit nöthig gewesen als mir zur Verfügung stand. Dagegen habe ich beiläufig eine grössere Reihe von Beobachtungen gewonnen, in welchen bei annähernd gleichem zeitlichen Abstand von dem Augenblick des Ausschneidens, Strompausen von ungleicher Länge zwischen zwei Durchleitungen gelegt wurden. Aus ihnen ergiebt sich ausnahmslos, dass der nach der Unterbrechung wieder eingeleitete Strom rascher nach einer langen als nach einer kurzen Dauer desselben fliesst. Nach welchem genaueren Gesetze jedoch die Dauer der Pause die Anfangsgeschwindigkeit des nach

ihr wiederkehrenden Stromes regelt ist unbekannt. Dieses Letztre gilt auch von der Steilheit mit welcher die Curve der mittleren Geschwindigkeit abfällt, wenn der wiederbeginnende Strom längere Zeit fortdauert. Jedenfalls treten hier mannigfache Verwicklungen ein. Dieses lehrt u. A. das folgende Beispiel.

Fig. 6.

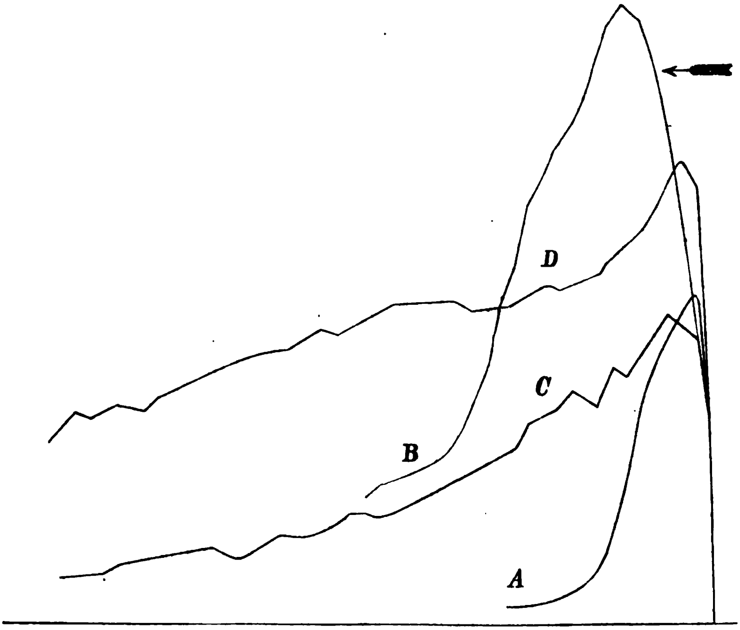


Durch die Niere welche vor 20 Stunden ausgeschnitten ist strömt apnoisches Blut unter einem Drucke von 90 Mm. Hg. Die geraden Linien messen das in je 1 Minute aus der Vene ausgeflossene Volum. Jeder Ctm. ihrer Länge entspricht 2 Ccm. Blut. *P* bedeutet eine Pause von 24, *P'* eine solche von 48 Minuten.

Leichter als die reinen Wirkungen einer Stromespause lassen sich die des Absterbens der Niere darstellen. Hiezu genügt es dasselbe Exemplar mehreremale hintereinander nach gleichlanger Unterbrechung des Stromes in den letztern wieder einzuschalten. Indem man dieses ausführt macht man zunächst die überraschende Erfahrung, dass die Niere bis zum dritten Tage nach ihrer Entfernung aus dem natürlichen Standort auf die Strompause durch eine Vermehrung der Geschwindigkeit reagirt; vorausgesetzt dass sie zeitweilig in einer niedren Temperatur — auf Eis — aufgehoben war. Bei der Zähigkeit mit welcher sich die hier betreffende Eigenschaft erhält lässt sich der Versuch in langen Zwischenräumen und oft wiederholen, indem man z. B. kurze Zeit, dann 24 u. endlich 48 Stunden nach dem Ausschneiden das Blut hindurchführt. Um bei dieser Wahl der Ueberlebenszeit die Wirkung der letzteren unabhängig von der Dauer der voraufgegangenen Strompause zu machen, muss man, nachdem die Niere viele Stunden auf dem Eise geruht hat, zunächst das Blut während längerer Zeit durch ihre Gefässe leiten und darauf erst den Hahn des Blutbehälters schliessen. Ist dieses

die gewünschte Zeit hindurch geschehn, so kann der Versuch beginnen. Obwohl nun ausnahmslos der wiedereingeleitete Strom rascher als vor der Pause fliesst, so ist doch der absolute Werth der Geschwindigkeit sehr verschieden und soweit meine Erfahrungen reichen nicht im Voraus zu bestimmen. — Anders verhält es sich mit dem Abfall der Geschwindigkeit bei dem fortdauernden Fliessen. Dieser erfolgt nämlich um so langsamer je später die Niere nach dem Ausschneiden untersucht wurde. Ein Beispiel giebt die folgende Beobachtung. In dieser wurde an zwei Nieren je zweimal die Wirkung der Strompause unter-

Fig. 7.



Die Höhe des Abstandes von der Abscisse auf welcher 1 Mm. 30 Sec. repräsentirt, giebt die zu jener Zeit vorhandene Ausflussmenge. Jeder Cmt. der Höhe entspricht 2 Ccm. Blut. *A* und *B* gehören der ersten, *C* und *D* der zweiten Niere an. *A* ist der Abfall der Geschwindigkeit bei einer Durchströmung welche 1 Stunde nach dem Ausschneiden der Niere begann. *B* dasselbe 20 Stunden *C* dasselbe 24 Stunden *D* dasselbe 48 Stunden nach dem Ausschneiden.

sucht, und zwar 1, 20, 24, 48 Stunden nach dem Tode des Thieres. Um dem Leser die Uebersicht zu erleichtern ist statt der bisher benutzten Darstellungsweise sogleich die Curve der mittleren Geschwindigkeit gezogen (siehe p. 323).

Die Curven lehren, dass die Veränderungen, welche in den Gefässen während der Pause eintreten, sich um so langsamer ausgleichen je grösser die Zeit, welche seit dem Ausschneiden der Niere verstrichen. Dieses Verhalten kann entweder darauf beruhen, dass die Pause nach grösserer Ueberlebensdauer in den Gefässen bedeutendere Veränderungen hervorruft als nach einer kürzern, oder daher dass die seit längerer Zeit aus dem Organismus genommene Niere sich unter dem Zuthun des fliessenden Blutes weniger rasch als eine frische erholt.

Die Curve, durch welche der Abfall der mittleren Geschwindigkeit hinter einer Pause ausgedrückt wird, kehrt in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle wie z. B. in *A* auf Fig. 7 ihre Convexität der Abscisse zu. Keiner derselben fehlen auf ihrem Verlaufe Andeutungen von Wendepunkten; ob diese in Wahrheit vorhanden sind, oder ob sie durch kleine Fehler in den Bestimmungen der Ausflussmenge vorgetäuscht werden, lasse ich dahingestellt.

Unter Anwendung des bekannten Satzes, dass ein gleicher Verlust an Umfang den Querschnitt einer Röhre um so mehr vermindert je grösser derselbe ursprünglich gewesen, könnte man aus der Gestalt der Curve zu der Folgerung gelangen, dass innerhalb gewisser Grenzen seiner Dauer die erholenden Wirkungen des Stroms in allen Zeiteinheiten gleich gross seien. Diese Annahme lässt sich natürlich nicht beweisen, da uns die Kenntniss der hier in Frage kommenden Gefässdurchmesser fehlt. Zudem ist sie aus andern Gründen unwahrscheinlich, und zwar schon darum, weil nicht alle Curven der mittleren Geschwindigkeit nach dem von ihr geforderten Gesetze abfallen. Zu diesen letztern gehören u. A. diejenigen welche den Beobachtungen *C* und *D* in Fig. 7. entnommen sind. Denn in ihnen fällt die mittlere Geschwindigkeit des Stromes keineswegs mit der wachsenden Zeit stetig ab, sondern sie wächst zuweilen wieder empor, gerade so als ob die erholende Kraft des Stromes dann und wann nachgelassen habe.

Die Ursache wesshalb sich der Strom während seiner Dauer Widerstände schafft, die nach einer Unterbrechung derselben schwinden, kann gegeben sein durch Aenderungen in den Graden der Contraction oder der Quellung oder der Elasticität. Zur Entscheidung dafür, welche von diesen drei Möglichkeiten

sich in der That geltend macht, stehen uns nur Wahrscheinlichkeitsgründe zu Gebote.

Wäre eine Aenderung der activen Contraction im Spiele, so müsste man annehmen dass der dauernde Blutstrom eine Zusammenziehung, die Strompause dagegen eine Erschlaffung der contractilen Elemente in der Gefässwand hervorriefe. Von vornherein lässt sich diese Hypothese nicht abweisen weil wir bis zur 24. Stunde des Ueberlebens durch Reize eine active Verkürzung der Gefässwand bewirken konnten; obwohl uns für die spätern Zeiträume Reizversuche fehlen, so steht doch dem Gelingen derselben kein principieller Einwand entgegen. Trotzdem ist es unwahrscheinlich, dass die Verengung der Gefässlichtung, welche der dauernde Blutstrom erzeugt, mit einer gewöhnlichen Muskelcontraction übereinstimme. Denn überall wo eine solche auftritt führt sie auch eine Ermüdung herbei, was nach unseren gegenwärtigen Anschauungen eine Folge der chemischen Umformung ist, welche die contractile Masse erleidet. Das Gleiche fehlt nun aber bei unserer Erscheinung gänzlich, denn es verharrt die Gefässlichtung auf ihrem geringen Durchmesser so lange als der Strom durch sie hindurchgeht. Dieses Verhalten spricht um so mehr gegen die Anwesenheit einer activen Contraction, weil man hinter jedem electrischen Reize her sogleich eine Erweiterung der Gefässe beobachtet. Veranlasste also der dauernde Blutstrom eine active Zusammenziehung, so wäre sie jedenfalls eigenthümlicher Art.

Wollte man den uns hier beschäftigenden Wechsel in den Widerständen der Gefässhaut aus einer Quellung ableiten, so würde man anzunehmen haben, dass die Bestandtheile der Wand unter dem Zuthun des dauernden Stromes geschwellt, während der Strompause aber von der imbibirten Flüssigkeit wieder befreit würden. Gegen diese Annahme lässt sich manches, für dieselbe aber so gut wie nichts vorführen. Während der Strompause sind ja die Gefässe nicht blutleer, warum sollte also die Quellung wieder verschwinden? Mit der Quellungshypothese sind auch die zeitlichen Verhältnisse in Widerspruch unter welchen der rasche in den langsamen Strom oder der letztere in den ersten übergeht. An einer frischen Niere genügt häufig schon eine Pause von wenigen Minuten um die vorher geringe Stromstärke bedeutend emporzutreiben. Wie sollte bei der bekannten Lang-

samkeit der Imbibitionsvorgänge dieser kurze Zeitraum genügen um den gequollenen Theilen ihr Wasser zu entziehen? Anderseits sind Nieren von langer Ueberlebensdauer in der That zur Quellung sehr befähigt, ein Verhalten was später zur Sprache kommt. An solchen seit mehr als 24 Stunden isolirten Nieren sieht man nun beim Wiederbeginn des Stromes hinter einer längern Pause her das ganze Organ rasch an Volum gewinnen, währenddess, wie wir sahen, gerade hier die grössere Geschwindigkeit nur sehr allmählig in eine geringere übergeht.

Nachdem es unwahrscheinlich geworden dass der Spannungswechsel der Gefässwand durch einen veränderlichen Gehalt an flüssigen Bestandtheilen bedingt ist, der von einer Diffusion herrührt, welche zwischen den sie umspülenden und den in ihren Poren aufgespeicherten Lösungsgemengen statt findet, und nachdem es uns nicht minder zweifelhaft wurde, dass im vorliegenden Falle die Formveränderungen der Wand durch eine unaufhörliche Entwicklung von lebendigen Kräften bedingt sei, welche durch eine chemische Zersetzung innerhalb ihrer irritablen Bestandtheile frei geworden, so bleibt es uns nur noch übrig die Aenderungen der Elasticität als Ursache des variablen Widerstandes anzusehn. Es ist bekannt dass sich die Gleichgewichtslage der wasserreichen organischen Gebilde und die Kraft, welche sie einer Umgestaltung ihrer Form entgegensetzen, sehr bedeutend und zwar unter scheinbar geringfügigen Wandlungen ihrer chemischen Zusammensetzung und ihrer Temperatur ändert. Bei dieser Empfindlichkeit der Elasticität wird die Grösse derselben während des Lebens in den wasserreichen organischen Geweben einem vielfachen Wechsel unterworfen sein, da es eine wesentliche Eigenschaft des Organismus ist, die chemische Zusammensetzung seiner Bestandtheile zu ändern. Wenn dieser Grundsatz feststeht, so hat es keine Schwierigkeit ihn auch auf unsern Fall anzuwenden, da man wohl kaum bestreiten kann, dass im Bereiche der Gefässwand der lebendige chemische Vorgang anders abläuft bei der An- als bei der Abwesenheit des Blutes. Dem eben hingestellten Princip wird man jedoch eine volle Berechtigung erst dann gewähren können, wenn seine Anwendbarkeit und seine Tragweite durch neue Methoden gesichert und begrenzt ist.

Die Bedeutung der in diesem Abschnitte mitgetheilten That-

sachen würde sehr wachsen wenn es sich nachweisen liesse, dass sie auch für die lebendigen Gefässe Geltung besässen. Dieses ist in der That wenigstens theilweise der Fall. Als *Cohnheim* eine Ligatur, die er um die Zunge des lebenden Frosches gelegt hatte, wieder löste, sah er, dass der wiederhergestellte Blutstrom durch ein sehr erweitertes Strombett floss. Die Unterbrechung des Kreislaufes hatte somit am lebenden Thiere dieselbe Erschlaffung der Gefässwand herbeigeführt, welche sie auch am ausgeschnittenen Organe bedingt hatte. Weniger sicher ist es ob auch der anhaltende Durchfluss des Blutes die Gefässe am lebenden Organismus so bedeutend verengt wie dieses am überlebenden geschieht. Auf den ersten Blick könnte man geneigt sein dieses zu verneinen, da wie bekannt die Erweiterung der Arterien, die nach Durchschneidung der sympathischen Nerven sichtbar wird, Tage lang fortbesteht. Aber auch diese dauert nicht für immer an, und an den Schenkeln kehrt sogar in der Regel schon nach Verfluss einer kürzern Zeit der Tonus der Gefässwand zurück, der ihr in Folge der Nervendurchschneidung abhanden gekommen war. Gesetzt aber es beruhte diese Wiederherstellung des Tonus am lebenden Gefässe auf demselben Grunde, der ihn am ausgeschnittenen Organe zurückführt, so würde zwischen den Wirkungen auf das lebendige und das ausgeschnittene Gefäss immer noch ein gradweiser Unterschied übrig bleiben, da am ersteren der Tonus nach Stunden und Tagen, am letztern schon nach Minuten zurückkehrt. Weitere Versuche müssen entscheiden ob derselbe in den Eigenschaften der Wand oder in denen des durchgeleiteten Blutes zu suchen ist.

V. Die Abhängigkeit des Stromes von dem Gasgehalte des Blutes.

Dafür dass der Gasgehalt des Blutes für den Zustand der irritablen Bestandtheile der Gefässwand von Bedeutung sei, sprechen schon Beobachtungen am lebenden Thiere. *Kowalewski* und *Adamück* haben gefunden, dass auch nach der Zerschneidung des Halsmarkes die Erhöhung des arteriellen Druckes eintreten kann, welche sich vor jener Operation beim Eintritt der Erstickung einzufinden pflegt. Diese Thatsache erklärt sich am einfachsten durch die Annahme, dass das Erstickungsblut innerhalb gewisser Gefässbezirke eine Zusammenziehung der kleinen

Arterien bedinge. Ob diese Hypothese richtig, konnte durch den Strom am überlebenden Organ nicht allein geprüft, sondern es konnte auch und zwar weit genauer als am lebenden Thier die Abhängigkeit ermittelt werden, in welcher die Zustände der Gefässe von den Blutgasen überhaupt stehn.

Für die in Aussicht genommenen Versuchsreihen war es in erster Linie nothwendig den Gasgehalt des einzuführenden Blutes während der Dauer einer Beobachtung unverändert zu erhalten. Für den Sauerstoffgehalt war dieses leicht zu bewirken, wenn man, wie ich es meistens gethan, sich darauf beschränken wollte nur sauerstofffreies oder mit diesem Gase gesättigtes Blut zu verwenden. In dem letzteren Falle war der Luftraum über dem Blute mit atmosphärischer Luft, in dem erstern dagegen mit reinem Stickgas zu erfüllen. Von diesem Verfahren habe ich denn in der That auch Gebrauch gemacht. — Um in jedem Falle das Blut vor einem Verlust an CO_2 zu schützen, hätte man den Luftraum so weit mit der letztern sättigen müssen, bis ihre Spannung der im Blut enthaltenen CO_2 gleich gewesen wäre. Bei meinen Versuchen habe ich diese Maassregel unterlassen, weil der Luftraum, der über dem Blute stand, immer nur klein gegen die Menge des eingefüllten Blutes war. Der kleine Verlust an CO_2, den das Blut hiedurch erlitt konnte um so mehr vernachlässigt werden, weil es ohnediess ausserhalb des Bereiches der Möglichkeit lag, die Aenderung des Gefässdurchmessers in ihrer strengen Abhängigkeit von dem procentischen Gehalte des Blutes an CO_2 zu finden. Es war genügend der Arterie Blutarten zuzuführen, welche sich durch einen möglichst grossen Unterschied im CO_2gehalt von einander abhoben, also auch durch einen solchen der durch die ungleichen Verluste vor dem Einleiten und durch die ungleichen Gewinne während der Durchleitung nicht verwischt werden konnte. — Um mir für den Versuch Blutarten von möglichst verschiedenem Gasgehalt zu verschaffen ging ich vom Arterien- und Erstickungsblut aus. Das erstere kam entweder nach der Defibrinirung im abgeschlossenen Raume als solches zur Verwendung, oder es wurde ihm ein grosser Theil seiner Kohlensäure, oder unter Belassung der letzteren sein Sauerstoff entzogen. Die Wegnahme von Kohlensäure geschah durch Schlagen des Blutes unter dem Zutritte der Luft, die Entziehung des Sauerstoffes wurde auf bekannte Weise über Quecksilber mit Eisenfeile bewerkstelligt, welche nachträglich auf der Centrifuge aus dem

Blute vollständig entfernt ward. Demgemäss erhielt ich zwei sauerstofffreie Blutsorten, von denen die eine, das Erstickungsblut, reicher, die andere dagegen, reducirtes Arterienblut, ärmer an Kohlensäure war. Ebenso wurden zwei sauerstoffreiche Blutsorten gewonnen, von denen die eine, das normale Arterienblut, weit reicher an CO_2 sein musste als das an der Luft geschlagene. Um die drei aus der Arterie gewonnenen Blutsorten von einander zu unterscheiden, wollen wir das über Quecksilber defibrinirte als *arterielles*, das an der Luft geschlagene als *apnoisches* und das mit Eisenfeile behandelte als *reducirtes* Blut bezeichnen.

Die Prüfung der Wirkung, welche jeder Blutgattung zukam, konnte natürlich nur durch Vergleichung geschehn, indem in dieselbe Niere wechselnd die eine und die andere derselben eingeführt und die Ausflussmengen sammt den Volumänderungen des Organes bestimmt wurden. Um die Art des strömenden Blutes nach Belieben wechseln zu können, wurden zwei oder auch drei der kleinen mariottischen Flaschen in den Stromweg eingeschaltet, sodass durch Schliessen des einen und durch Oeffnen des andern Hahnes der Zutritt einer Blutsorte unterbrochen und mit dem einer anderen begonnen wurde. Hiebei ist zu beachten dass das Blut, welches aus der geöffneten Flasche hervorkam, nicht unmittelbar sondern erst nach Verdrängung des von früher her noch in den Zwischenstücken enthaltenen in die Niere eindrang.

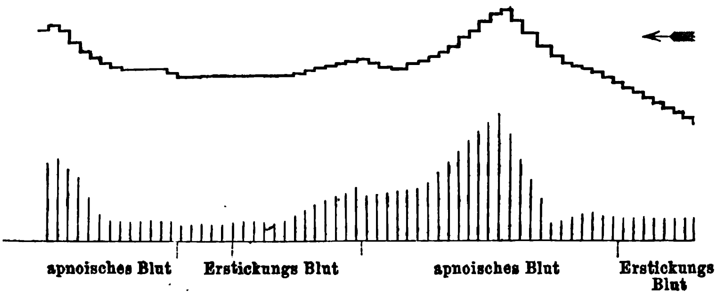
Bei der Schilderung der erlangten Resultate bediene ich mich wiederum der graphischen Darstellung.

Wenn man abwechselnd apnoisches und Erstickungsblut in der Weise zu einer Niere führt, dass jede der beiden Blutgattungen längere Zeit hindurch eingeschaltet bleibt, so nimmt die Aenderung des Volums und der Geschwindigkeit eine Gestalt an, wie sie in Fig. 8. dargestellt ist.

Solange das Erstickungsblut floss, hielt sich die Geschwindigkeit auf einer zwar geringen aber gleichmässigen Höhe; von dem Zeitpunkte an wo sich der Hahn der apnoischen Blutflasche öffnete, trat nicht plötzlich sondern erst nach 14 Minuten eine Vermehrung der Ausflussmenge ein, welche dann rasch auf ein Maximum stieg und von diesem allmählig absank bis sie schliesslich eine annähernde Gleichmässigkeit erlangte. Die constante Geschwindigkeit des apnoischen Blutstromes war etwa doppelt so gross wie die entsprechende des Erstickungsblutes. Als nun das letztere abermals an die Stelle des apnoischen Blutes trat, sank

die Geschwindigkeit allmählig wieder auf den bei der ersten Durchleitung desselben Blutes beobachteten Werth. Eine kleine Erhöhung, welche die Ausflussgeschwindigkeit unmittelbar nach der Eröffnung des Hahnes der mit Erstickungsblut gefüllten Flasche nachweist, kann keinen Falls eine Folge der genannten Blutart sein, da diese zu jener Zeit noch nicht in die Niere übergegangen war. Als endlich zum zweiten Male das Erstickungsblut durch apnoisches ersetzt ward, wiederholte sich der Vorgang welcher beim ersten Wechsel zu Tage getreten. Wenn wir mit der Aenderung der Ausflussmengen diejenige des Volums vergleichen, so sehen wir im Allgemeinen beide mit einander parallel gehen. Allerdings kommt die Curve des Plethysmographen bei der zweiten Durchleitung des Erstickungsblutes nicht wieder auf die Stufe herab, die sie zur Zeit der ersten Durchleitung besessen.

Fig. 8.

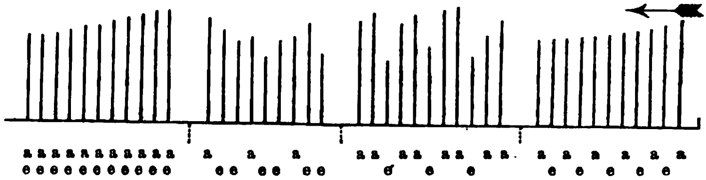


Wechselnde Durchleitung von Erstickungs- und apnoischem Blute durch die zwei Stunden vorher ausgeschnittene Niere, unter einem Drucke von 80 Mm. Hg. Unmittelbar nach dem Ausschneiden bis zum Beginn des hier dargestellten Versuchs war durch die Niere apnoisches Blut geflossen. Die geraden Linien messen die in je 2 Minuten ausgeflossenen Blutmengen; 1 Ctm. ihrer Länge entspricht 2 Ccm. Blut. Die mit *V* bezeichnete gebrochene Linie ist vom Plethysmographen geschrieben. Am Ende des Versuches fanden sich im Trichter 0,7 Ccm. Blut, welche aus nicht unterbundenen Gefässchen ausgetreten waren.

Hiedurch ist aber im gegenwärtigen Falle nichts für eine Aenderung im Volum der Niere bewiesen, da eine kleine Blutung in das Oel hinein von etwa dem Betrage erfolgt war, um welchen die Ordinate der Plethysmographencurve bei der zweiten, diejenige bei der ersten Durchleitung des Erstickungblutes übertraf.

Da es bei diesem und bei ähnlichen Versuchen zweifelhaft geblieben war, wie rasch sich nach dem Wechsel der Blutart die Geschwindigkeit ändere, so stellte ich noch eine zweite Reihe von Beobachtungen an, von denen Fig. 9. ein Beispiel giebt.

Fig. 9.



Unmittelbar nach dem Ausschneiden durch die Niere wechselnd arterielles und Erstickungsblut geleitet unter einem Druck von 100 Mm. Hg. Die geraden Linien messen die in 1 Minute ausgeflossene Blutmenge. 1 Ctm. derselben entspricht 2 Ccm. Blut. Ein *a* unter der Linie bedeutet den Zufluss arteriellen ein *e* den von Erstickungsblut; *a e* übereinander dass 30 Sec. arterielles und ebenso lange Erstickungsblut zufloss.

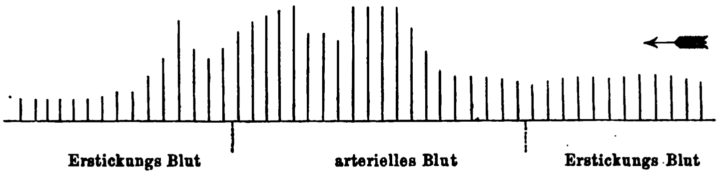
In dieser Reihe wurde die Strömungszeit jeder einzelnen Blutsorte kürzer als früher genommen; sodass nun entweder nach je 1 Minute das arterielle mit dem Erstickungsblut wechselte, oder dass nach einer Stromdauer von je 2 Minuten des ersteren das letztere 1 Minute hindurch floss, oder dass die Strömungszeiten der beiden genannten Blutarten in umgekehrter Ordnung andauerten, oder endlich auch so, dass halbe Minute um halbe Minute ein Wechsel in den Blutarten bewirkt wurde. Aus der auf diese Weise angeordneten Versuchsreihe ergab sich, dass der Einfluss der Blutsorte auf die Ausflussmenge rasch zum Vorschein kam. Denn wenn sich dieselben nach je einer Minute ablösten, so floss das Blut mit gleichmässiger Geschwindigkeit, die kleiner als dieienige des arteriellen und grösser als die des venösen Stromes war. Wenn dagegen der Blutwechsel nach je 2 Minuten erfolgte, so wurde der Ausfluss sehr unregelmässig und im allgemeinen bedeutender, wenn die Stromdauer des arteriellen über diejenige des venösen die Oberhand besass.

Die Beschleunigung welche der Strom erfährt, wenn das Erstickungsblut durch apnoisches oder arterielles ersetzt wird, bleibt auch an Nieren nicht aus, welche schon vor vielen Stunden aus ihrem natürlichen Standort entfernt waren; dieses zeigt die folgende Beobachtung Fig. 10.

Sonach steht die Hartnäckigkeit, mit welcher die Gefässe der Niere ihre Empfindlichkeit gegen die veränderliche Zusammen-

setzung der Blutgase bewahren, nicht nach gegen diejenige welche sie dem electrischen Reiz und der Strompause beweisen.

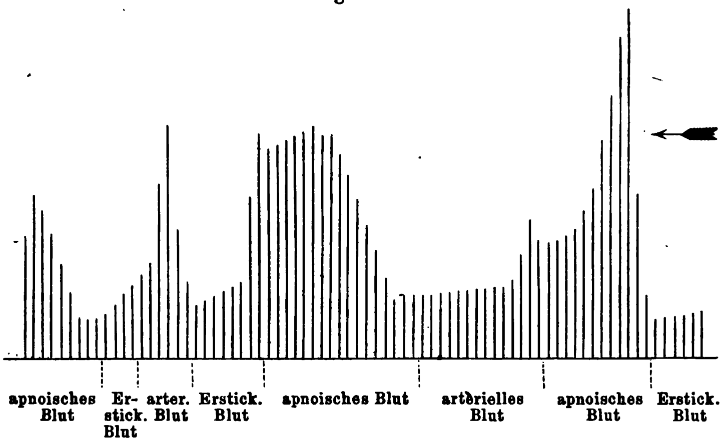
Fig. 10.



Wechselnde Durchleitung von Erstickungs und arteriellem Blute durch eine vor 20 Stunden ausgeschnittene Niere unter einem Drucke von 90 Mm. Hg. Die geraden Linien messen die in 1 Minute ausgeflossenen Blutmengen; 1 Ctm. derselben entspricht 2 Ccm. Blut.

Denn auch an dieser vor 20 Stunden ausgeschnittenen Niere floss das arterielle bedeutend rascher als das Erstickungsblut. — Das arterielle und das apnoische Blut waren vermögend die Strombahn zu erweitern welche das Erstickungsblut verengt hatte. Es erhob sich nun die Frage ob dieses beide in gleichem Maasse vermögen. Hierauf giebt die Fig. 11 Antwort.

Fig. 11.

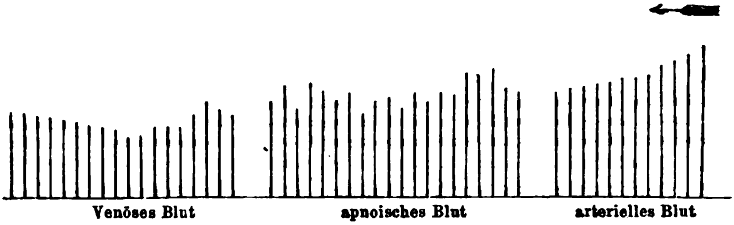


Abwechselnde Leitung von Erstickungs- apnoischem und arteriellem Blute durch die vor 4 Stunden ausgeschnittene Niere unter einem Drucke von 100 Mm. Hg. Die geraden Linien messen die in je 2 Minuten ausgeflossene Blutmenge. Jeder Ctm. derselben entspricht 2 Ccm. Blut.

Dieser Versuch lässt das Uebergewicht des apnoischen über das arterielle Blut als Strom beschleunigendes Mittel deutlich her-

vortreten, denn das letztere fliesst mit einer geringeren Geschwindigkeit als das erstere, selbst wenn es zwischen zwei Leitungen derselben eingeschaltet war. Ausserdem macht uns der Versuch noch mit der Thatsache bekannt dass arterielles Blut, wenn es dem der Erstickung folgt weit rascher als hinter dem apnoischen fliesst.

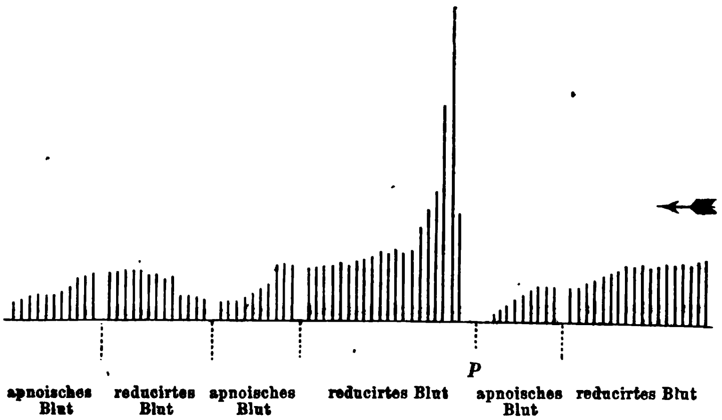
Fig. 12.



Durch die kurz vorher ausgeschnittene Niere fliesst der Reihe nach arterielles, apnoisches und Erstickungsblut unter einem Drucke von 80 Mm. Hg. Die geraden Linien messen die in je 2 Minuten ausgeflossene Blutmenge.

Aehnliches, wenn auch nicht so ausgesprochen zeigt die vorstehende Beobachtung 12 welche ich ausführte, um mich zu überzeugen ob auch das venöse Blut im gleichem Sinne mit dem der Erstickung wirke. Dieses ist in der That der Fall.

Fig. 13.



Durch die vor 3 Stunden ausgeschnittene Niere fliesst abwechselnd reducirtes und apnoisches Blut unter einem Drucke von 90 Mm. Hg. Die geraden Linien messen die in je 1 Minute ausgeflossene Blutmenge. 1 Ctm. derselben entspricht 2 Ccm. Blut. Bei *P* wurde der Strom 15 Minuten hindurch unterbrochen.

Um die Vergleichung der mir zu Gebote stehenden Blutarten zu vervollständigen liess ich endlich das reducirte mit apnoischem Blute abwechseln.

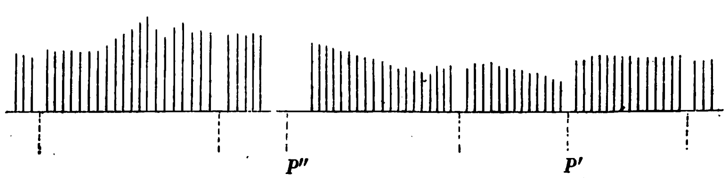
Aus dieser Beobachtung (s. Fig. 13) geht hervor, dass das reducirte Blut, welches gar keinen Sauerstoff, dagegen den Kohlensäuregehalt des gewöhnlichen Arterienblutes besass, um ein sehr merkliches rascher floss als das apnoische Blut, welches mit Sauerstoff gesättigt dagegen um ein bedeutendes ärmer als normales Arterienblut an Kohlensäure war. Zugleich aber macht sie uns auch mit der beachtenswerthen Thatsache bekannt dass die Erschlaffung der Gefässwand welche während einer Strompause entsteht durch das reducirte Blut wieder aufzuheben ist.*)

Den Ueberblick über die vorgetragene Reihe von Thatsachen beginnen wir mit der Betrachtung der Geschwindigkeitsänderung welche auf einen Wechsel der Blutsorten folgt. Fassen wir nur die Stromstärken unmittelbar nach dem Austausche ins Auge, so finden wir dass sich die im lebendigen Organismus vorkommenden Blutarten mit Rücksicht auf ihr Verhalten gegen die Strömung sehr einfach ordnen. Jedesmal wenn die nachfolgende Blutart ärmer an CO_2 als die vorausgehende ist, wächst das aus der Vene fliessende Volum; von der geringern zur grösseren Geschwindigkeit ordnen sich in der That die Blutarten folgender-

---

*) Aus einer geringen Zahl von Beobachtungen die ich mit apnoischem Blut anstellte, dessen Sauerstoff durch Kohlenoxyd verdrängt war, theile ich die folgende mit, in welcher durch eine vor 20 Stunden ausgeschnittene Niere abwechselnd apnoisches und CO-blut floss. Die durch die geraden Linien gemessene Blutmenge ist in je 1 Minute gesammelt. 1 Ctm. derselben entspricht 2 Ccm. Blut. Bei P' war der Strom während 5 bei P'' während 10 Minuten unterbrochen.

Fig. 14.



Der austausch des Sauerstoffs gegen Kohlenoxyd scheint demnach für den Strömungsvorgang nicht sehr bedeutungsvoll zu sein. —

maassen: Erstickungs-, venöses, arterielles, apnoisches Blut. Insofern man die beschleunigende Wirkung auf den Gasgehalt des Blutes beziehen wollte, würden die Versuche dem Ausdruck nicht widersprechen, dass die den Strom beschleunigende Blutart einen Spannungszustand der Gefässwände beseitigt habe, der durch den grössern CO_2-Gehalt der vorher strömenden Flüssigkeit herbeigeführt worden.

Die Geschwindigkeit, welche durch den Eintritt des an Kohlensäure ärmeren Blutes emporgegangen ist, hält aber nur vorübergehend an; sie sinkt alsbald nach demselben Gesetze ab, dem wir früher bei dem Strome hinter einer Pause desselben begegnet sind. Da die an CO_2 ärmeren Blutarten zugleich einen Gehalt an Sauerstoff besassen, so würde man hieraus schliessen, dass dieses Gas im Gegensatz zur CO_2 irgend einen andern Bestandtheil der an Formen und Stoffen reichhaltigen Gefässwand verändert und darum die Strombahn verengt habe. Als eine Bestätigung für diese Anschauung wäre das Verhalten des reducirten (sauerstofffreien) Arterienblutes hinter dem apnoischen her anzusehn, indem man sich vorstellte, dass dieses die verengenden Wirkungen des Sauerstoffs beseitigt habe.

Nach dieser einer weiteren Prüfung bedürftigen Unterstellung gehe ich zur Hervorhebung einer anderen beachtenswerthen Thatsache über. — Wenn im Wiederbeginn des Stromes nach einer Unterbrechung desselben die Geschwindigkeit sehr bedeutend emporgeht, so hätte man dieses auf Rechnung eines der Erstickung analogen Vorganges setzen können, der die lebendigen Theile der Gefässwand betroffen. Nach der in Fig. 13. versinnlichten Beobachtung ist dieses nicht mehr thunlich, denn es bringt auch das nach der Pause eindringende reducirte Blut eine bedeutende Vermehrung des Ausflusses hervor, die aber ebenfalls alsbald wieder nachlässt. Ob dieses letztere eine Folge seines CO_2gehaltes oder anderer Umstände ist, muss unentschieden bleiben. *)

Zu den Betrachtungen die auf Seite 328 über die Veränderungen der Gefässwand angestellt worden, welche der Verengung des Strombettes zu Grunde liegen könnten, liefern die Beobachtungen dieses Abschnittes weitere Beiträge. Sie zeigen zunächst,

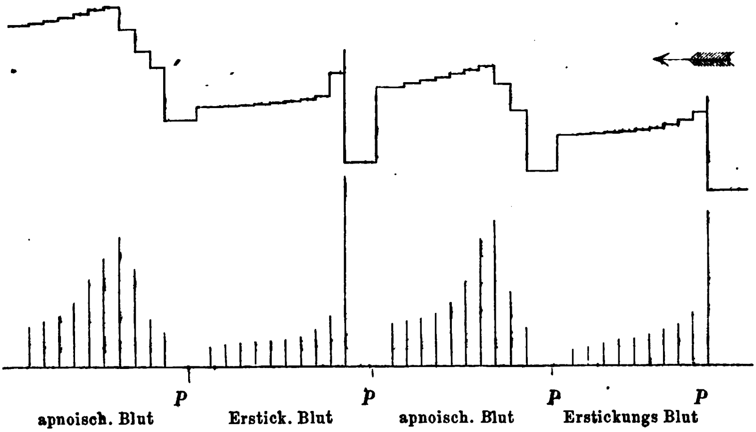
*) Eigenthümlich gestaltet sich die Curve der mittleren Geschwindigkeit wenn man abwechselnd apnoisches und Erstickungsblut durch die

und zwar wie mir scheint unwiderleglich, dass die Beschränkung des Gefässdurchmessers nicht auf Quellungen der Wand d. h. auf einem durch Diffusion veranlassten Eintritt von Flüssigkeit in die Poren derselben beruhen könne. Die Plötzlichkeit mit der sich die Geschwindigkeit ändert (siehe Fig. 9.) würde mit jener Annahme unvereinbar sein. — Wenn wir aber auf die Wahl zwischen Aenderungen beschränkt sind, die entweder auf statische Weise

---

Niere führt und zwischen jedem Wechsel eine Pause einschaltet. Für dieses Verhalten giebt Fig. 14b ein Beispiel.

Fig. 14b.



Durch die vor 1,5 Stunden ausgeschnittene Niere fliesst der Reihe nach Erstickungs und apnoisches Blut unter einem Drucke von 80 Mm. Hg. Die geraden Linien messen die in je 2 Minuten ausgeflossenen Blutmengen; 1 Ctm. ihrer Länge entspricht 2 Ccm. Blut. Bei jedem *P* wurde der Strom 30 Minuten hindurch unterbrochen. Die mit *V* bezeichnete Linie ist vom Plethysmographen geschrieben.

Der Unterschied der Erscheinungen nach dem Beginn des Stromes von Erstickungs und apnoischem Blute besteht darin, dass mit dem Eintritt des ersteren die Geschwindigkeit ganz plötzlich anwächst, und dann eben so plötzlich abnimmt, während sie nach der Zuführung des apnoischen allmählig auf das Maximum kommt und allmählig wieder herabgeht. Diese Erscheinung findet aus den früher mitgetheilten Beobachtungen ihre Erklärung wenn man annimmt, dass von dem vorher durchgeleiteten Blute noch ein Rest in den grossen Gefässstämmen vorhanden gewesen, welcher von dem neu hinzutretenden in die kleinen Gefässe gedrängt worden. Auch unter dieser noch weiter zu prüfenden Annahme würde die Thatsache von Bedeutung sein.

durch Anziehungen oder aber durch Entwicklung lebendiger Kräfte bedingt werden, mit andern Worten wenn es sich um Erledigung der Alternative handelt, ob die Verkürzung der Wand durch Muskelcontraction oder durch Erhöhung des Elasticitätscoëfficienten bewirkt sei, so müssen wir dafür halten, dass auch jetzt die Thatsachen ihr Gewicht auf die Seite des letzteren werfen. Mit der Annahme der activen Zusammenziehung ist das Fehlen der Ermüdung schwer zu vereinigen, und ohne Beispiel in der Lehre von den Reizen steht es, dass eine durch Kohlensäure eingeleitete Erregung durch den Sauerstoff zuerst beruhigt und dann auch wieder durch ihn geweckt werde. Solche Schwierigkeiten principieller Art liegen der andern Annahme nicht im Wege.

Welchen Erklärungsgrund aber auch die Zukunft zur Geltung bringen mag: aus den vorgelegten Thatsachen leuchtet ein, dass jedes Gefässgebiet in seinem Verhalten gegen die Zusammensetzung des Blutes Mittel zur Regelung des Stromes besitzt. Als eine unmittelbare Folge derselben kann die Erhöhung und das darauf folgende Sinken des arteriellen Blutdrucks angesehn werden, welche einen Erstickungsanfall und die Wiederkehr der Athmung begleiten.

Bevor ich meine Mittheilungen über den künstlichen Strom des unvergifteten Blutes geschlossen, würde es noch am Orte gewesen sein, die Stärke desselben mit dem natürlichen zu vergleichen, welcher durch die im lebenden Organismus anwesende Niere hindurchgeht. Aus beiläufigen Erfahrungen habe ich nämlich den Eindruck empfangen als ob der letztere in der Regel weit rascher als der künstliche Strom fliesse. Bis dahin ist es mir aber nicht geglückt die Stärke des natürlichen Stroms als Funktion des Druckunterschiedes in Arterie und Vene sicher zu bestimmen. Darum bleibt mir nichts übrig als die Aufmerksamkeit auf diesen Punkt zu lenken.

VI. Ueber die Wirkung von Giften auf den Strom und das Volum der Niere.

Das Ziel welches ich bei der Anwendung vergifteten Blutes im Auge hatte war ein doppeltes. Zunächst kam es mir darauf an zu erfahren, ob die Stoffe, welche man vorzugsweise als Kreislaufsgifte bezeichnet, auch eine unmittelbare Wirkung auf die Gefässwand übten. Trat diese ein, so konnte man von nun an

die Aenderungen des arteriellen Druckes, welche man nach der Vergiftung des Gesammtthieres beobachtet hatte, nicht mehr allein auf abnorme Zustände der nervösen Gefässcentren und des Herzens schieben, sondern man hatte noch ausserdem auch den Einfluss des Giftes auf die Gefässwand in Betracht zu ziehen. Damit aber, dass die Aenderung des Stromes in dem Sinne ausgefallen war, nach welchem sie den am lebenden Thier beobachteten Druckschwankungen gemäss geschehen musste, empfing ich eine neue Bestätigung dafür, dass die Gefässe des lebenden Organes auch in dieser Richtung, denjenigen des überlebenden gleich zu achten seien. Diese Mittheilung erklärt die Wahl der von mir verwendeten Giftstoffe.

In allen Versuchen welche die Wirkung der Gifte prüfen sollten, theilte ich das Blutquantum, welches zur Durchleitung bestimmt war, in zwei Theile. Zu nur einem derselben setzte ich eine sorgfältig abgewogene Menge des zu verwendenden Stoffes und brachte das vergiftete und das unvergiftete Blut in je eine der beiden mariottischen Flaschen. Das zu den Leitungen benutzte Blut war in den Fällen, wo nicht das Gegentheil bemerkt ist, defibrinirtes, apnoisches Blut.

A. Nicotin.

Dieses Gift wurde nur durch möglichst frische Nieren geführt, nachdem durch dieselben so lange ein Strom von unvergiftetem Blute gegangen war, bis sich eine annähernd gleichmässige Ausflussgeschwindigkeit eingestellt hatte. Die Wirkungen des Nicotins welche sehr deutlich hervortraten verhielten sich nach den Dosen desselben verschieden. War sie sehr klein — auf zehntausend Theile Blutes nur einer des Giftes, — so verminderte sich schon nach dem Uebergang der ersten Cubikcentimeter des vergifteten Blutes in ausgesprochener Weise der Ausfluss und das Nierenvolum. Beides verschwand aber mit der fortdauernden Zuleitung des vergifteten Blutes wiederum, sodass nach dem Durchgange von abermals wenigen Ccm. vergifteten Blutes der frühere Umfang der Niere und annährend auch die ursprüngliche Ausflussmenge wieder erreicht wurden. Als nun das vergiftete durch unvergiftetes Blut ersetzt ward, verhielten sich die Dinge ähnlich wie zu Ende des vergifteten Blutstromes.

Wenn dagegen die sehr hohe Dosis von einem Procent des Blutes an Nicotin zur Verwendung kam, so wuchsen mit dem

Uebergang der ersten Ccm. des so beschaffenen Blutes Volum und Ausflussgeschwindigkeit stark empor. Beides nahm einige Zeit hindurch noch seinen Fortgang, alsbald aber erreichte die Geschwindigkeit ein Maximum. Von da ab sank die Ausflussmenge bis sie dem Werthe nahe gekommen war, den sie vor der Einführung des Giftes besessen hatte. Währenddess die Geschwindigkeit herunter ging mehrte sich die sichtbare Schwellung der Niere noch fortwährend; aber auch dieses geschah weit langsamer als vorher, was sich zum Theil aus dem abnehmenden Blutgehalt des Organes erklären mag.

Als Beispiel für das beschriebene Verhalten dienen die beiden Tabellen welche nachstehend folgen. Die Zahlen der Ausflussmengen sind aus den Aufzeichnungen die auf die Trommel geschahen abgeleitet; die der Volumänderung sind aus dem Plethysmographen abgelesen als dieser noch keine Schreibevorrichtung trug. Da die Ueberschriften der Stäbe alle nothwendigen Angaben enthalten, so wird es zum Verständniss der Zahlen keiner weiteren Bemerkungen bedürfen.

Apnoisches Blut mit und ohne Zusatz von Nicotin.

Druck 88 Mm. Hg.

Nummer der Ausflussbestimmung.	In je 2 Min. ausgeflossene Ccm. während des Durchganges von unvergiftetem Blute.	von vergiftetem Blute.	Stand des Oeles auf dem Index des nach Ccm. getheilt. Plethysmometer.	Bemerkungen.
1	2,3		+ 0,75	
	2,3		0,80	
	2,3		0,80	
	2,3		0,80	
5	2,3		0,80	
	2,1		1,2	
	2,1		1,8	
	2,2		1,15	
	2,1		1,20	
10	2,1		1,24	
		0,6		0,04 p. C. des Blutes an Nicotin.
		0,6		
		0,5		
		0,4	Sinkt bis	
15		0,3		

Nummer der Ausflussbestimmung.	In je 2 Min. ausgeflossene Ccm. während des Durchganges von unvergiftetem Blute.	von vergiftetem Blute.	Stand des Oeles auf dem Index des nach Ccm. getheilt. Plethysmometer.	Bemerkungen.
		0,5	— 1,26.	
		0,7	Steigt bis	
		1,0		
		1,1		
20		1,2	0,0	
		1,4	+ 0,20	
		1,5	0,40	
		1,8	0,54	
		2,1	0,58	
25		2,3	1,00	
		2,3	1,05	
		2,3	1,13	
		2,3	1,26	
		2,1	1,32	
30		2,1	1,37	
		2,0	1,40	
	2,0		1,47	
	2,0		1,56	
	2,0		1,59	
35	1,9		1,64	
	1,8		1,68	
	1,9		1,75	
38	1,9		1,79.	

Apnoisches Blut mit und ohne Zusatz von Nicotin.

Druck 108 Mm. Hg.

Ordnungsnummer der Ausflussbestimmung	In je 4 Min. ausgeflossene Ccm. während des Durchganges von unvergiftetem Blut.	von vergiftetem Blut.	Stand des Oeles auf dem Index des nach Ccm. getheilt. Plethysmometer.	Bemerkungen.
1	3,3		?	
	3,3		?	
	3,0		+ 0,33	
	2,5		0,51	
5	2,4		0,65	
		2,4	0,89	0,01 p. C. des Blutes an Nicotin.
		2,2	1,0	
		1,8	0,61	
		1,8	0,35	
10		1,8	0,30	
		1,8	0,58	
		1,5	0,80	
		1,8	1,07	
		1,8	1,25	
15		1,8	1,35	

Ordnungs-nummer der Aus-flussbestimmung	In je 4 Min. ausgeflossene Ccm. während des Durchganges		Stand des Oeles auf dem Index des nach Ccm. getheilt. Plethysmometer.	Bemerkungen.
	von unvergiftetem Blut.	von vergiftetem Blut.		
		1,9		
	1,6			
	1,4			
	1,4			
20	1,5			
		1,7		1.0 p. C. des
		5,8	1,80	Blutes an Ni-
		8,6		cotin.
		16,0	2,35	
		16,8	2,58	
25		12,6	2,71.	
		9,3	2,80	
		7,1	2,86	
		7,0	2,95	
		5,4	3,20	
30		4,0	3,40	
		3,0	3,55	
			3,68	
	3,5			
	2,4			
35	1,9.			
	0,9			

Die Aenderungen welche der Strom erfährt währenddess Blut durch die Niere geht das bis zu einem Procente mit Nicotin geschwängert ist, können nicht allein auf den verminderten Tonus der Gefässwand geschoben werden, weil, wie bekannt, bei einer solchen Concentration des Giftes die rothen Körperchen ihren Farbstoff in flüssiger Gestalt an das Serum abgeben. Dem entsprechend wird sich die Reibung des Blutes mindern, die Quellung der Gewebe aber mehren.

Die Erscheinungen welche am überlebenden Organe beobachtet wurden, stimmen vollkommen mit denen überein, welche an den mit Nicotin vergifteten Thieren auftreten. Denn auch in den letzteren verengen sich die Gefässe bei kleinen Dosen des Giftes und in den ersten Stadien seiner Wirkung, während durch grosse Dosen und bei dauernder Giftwirkung die Lichtung der Gefässe sich erweitert. (*Cl. Bernard*, *J. Rosenthal, Basch, Oser.**)

*) *L. Hermann*, Lehrbuch der Toxikologie 1874. p. 318.

B. Atropin.

Gegen dieses Gift verhält sich die überlebende Niere des Hundes ungemein empfindlich und gegen ungleich grosse Gaben des Giftes verschieden. Nachdem in die Arterie der überlebenden Niere zwei Ccm. eines Blutes übergetreten waren, welches auf hunderttausend Theile einen Theil Atropin enthielt, trat schon eine deutliche Wirkung hervor, welche sich durch die verminderte Geschwindigkeit und durch eine Abnahme des Volums ausprägte. Die Folgen welche das vergiftete Blut mit sich brachte, bestanden jedoch nur kurze Zeit, trotzdem dass jenes ununterbrochen weiter floss. Vielleicht trat auf die Verminderung eine Vermehrung der Ausflussmenge ein; wenn, so war dieselbe jeden Falls sehr unbedeutend.

Die nachstehende Tabelle giebt den genauern Nachweis für das soeben geschilderte Verhalten.

Apnoisches Blut mit und ohne Zusatz von Atropin.

Druck 80 Mm. Hg.

Nummer der Ausflussbestimmung.	In je 2 Min. ausgeflossen in Ccm. während des Durchganges		Stand des Oeles auf der nach Ccm. getheilten Scala d. Plethysmometer.	Bemerkungen.
	von unvergiftetem Blut.	von vergiftetem Blut.		
1	1,6		1,05	
	1,6		1,20	
	1,5		1,28	
	1,6		1,34	
5	1,6		1,40	
		1,5	1,24	0,001 p.C. des
		0,9	0,84	Blutes an
		0,7	0,74	Atropin.
		0,7	1,10	
10		1,2	1,10	
		1,9	1,15	
		1,8	1,30	
		1,9	1,50	
		1,5	1,60	
15		1,7	1,80	
		1,4	1,80	
		1,3	1,95	
		1,8	1,35	
		2,15	2,35	
20		1,5	2,35	
	1,35		2,40	
	1,3		2,50	
	1,2		2,55	
	1,2		2,65	
25	1,2		2,70	
	1,2		2,75	

Bei einem zehnfach grösseren Gehalte des Blutes an Atropin, wenn nämlich auf zehntausend Theile des ersteren einer des letzteren kommt, erscheint im Beginne des Stromes vorübergehend eine Verminderung der Ausflussmenge der jedoch alsbald ein deutliches Anwachsen derselben folgt. Auch dieses macht sich nur für kurze Zeit geltend, und wenn von nun an der Strom des vergifteten Blutes fortdauert, so kehrt unter Schwankungen die Geschwindigkeit wieder, welche vor der Einleitung des vergifteten Blutes vorhanden gewesen. Die Niere scheint die Anwesenheit des Atropins in dem oben angegebenen Verdünnungsgrade lange Zeit hindurch vertragen zu können, ohne Einbusse ihrer Lebenseigenschaften zu erleiden. Unter den genannten Umständen zeigen ihre Gefässe wenigstens eine Eigenschaft, durch welche sich der Zustand des Ueberlebens vor dem des vollkommenen Todes auszeichnet. Wenn man nämlich den Strom des vergifteten Blutes unterbricht, darauf die Niere eine halbe Stunde hindurch ruhig liegen lässt und nun mit der Durchleitung von unvergiftetem Blute beginnt so fliesst dasselbe zuerst sehr rasch und kommt nur allmählig auf die vor der Strompause vorhandene Geschwindigkeit zurück. Führt man, nachdem dieses geschehen, von Neuem ein Blut das auf zehntausend Theile einen Theil Atropin enthält ein, so verhält sich dasselbe wie ein unvergiftetes, eine Erscheinung welche darum nicht auffallen kann, weil das Gift in der genannten Verdünnung auch schon früher unwirksam geworden war.

Die folgende Tabelle giebt einen Beleg für die soeben ausgesprochenen Sätze.

Apnoisches Blut mit und ohne Zusatz von Atropin.

Druck 80 Mm. Hg.

Nummer der Ausflussbestimmung.	In je 4 Min. ausgeflossen in Ccm. während des Durchganges		Stand des Oeles auf der nach Ccm. getheilten Scala d. Plethysmometer.	Bemerkungen.
	von unvergiftetem Blut.	von vergiftetem Blut.		
	2,8		2,7	
	2,8		2,9	
	2,8		3,1	
		2,5	2,6	0,01 p. C. des Blutes an Atropin.
5		2,2	2,10	
		4,8	3,2	
		4,5	3,3	
		3,0	3,5	
		2,9	3,8	
10		3,0	4,5	

Nummer der Ausflussbestimmung.	In je 4 Min. ausgeflossen in Ccm. während des Durchganges von unvergiftetem Blut.	In je 4 Min. ausgeflossen in Ccm. während des Durchganges von vergiftetem Blut.	Stand des Oeles auf der nach Ccm. getheilten Scala d. Plethysmometer.	Bemerkungen.
		3,5	4,6	
		3,3	4,7	
		3,5	5,2	
		2,4	4,75	
15		2,5	5,7	
		3,1	5,8	
		3,5	5,6	
		2,95	5,6	
	Strompause von 35 Minuten Dauer.			
	24,9		8,1	
20	12,6			
	12,6			
	4,5		6,6	
	3.5		6,55	
	3,3			
25	3,3			
	3,3			
	3,0		6,8	
	3,1			
	2,9			
30	2,3		7,0	
	2,3			
	2,6		7,3	
	2,6			
	2,3			
35	2,7		7,6	
		2,4	7,7	0,01 p. C. des Blutes an Atropin.
		2,2		
		2,4	7,9	
		2,3		
40		2,3	8,1	
		2,9		
		2,6		
		2,3		
		1,9	8,20	
45		2,4		
		2,3		
		2,1		
		2,0		
50		2,0	8,24	
	2,1		8,25	
	2,1		8,25	
	2,1		8,25	
	2,0			
55	2,3			
	2,1		8,28	

Wird in die Arterie der überlebenden Niere ein Blut geführt, das auf fünftausend Volumina ein Gewichtstheil Atropin enthält, so kommt hierdurch die Niere sehr bald zum Absterben. Bevor dieses geschieht äussert sich zunächst die Wirkung des Giftes durch eine vorübergehende Verlangsamung mit darauffolgender ebenfalls vorübergehender Beschleunigung der Geschwindigkeit, eine Erscheinungsreihe welche in der nachfolgenden Tabelle des genauern verzeichnet ist.

Apnoisches Blut mit und ohne Atropin.

Druck 100 Mm. Hg.

Nummer der Ausflussbestimmung.	In je 4 Min. ausgeflossen in Ccm. während des Fliessens von unvergiftetem Blut.	von vergiftetem Blut.	Stand des Oeles auf der nach Ccm. getheilten Scala d. Plethysmometer.	Bemerkungen.
	3,0		1,6	
	2,7			
	2,5			
	2,4		1,9	
5	2,1			
	2,1			
	2,1		2,5	0,2 p. C. des
		1,9	2,6	Blutes an
		1,7	1,96	Atropin.
10		0,5	1,86	
		1,1	1,47	
		3,6	3,1	
		6,1	3,6	
		7,9	3,9	
15		9,5	4,4	
		8,4	4,5	
		7,0	4,7	
		6,9	5,1	
		5,2	5,2	
20		4,2	5,3	
		3,0	5,4	
		2,5	5,4	
		2,2		
24		2,0	5,4	

Die Erscheinungen, von welchen hier nach den Beobachtungen am überlebenden Organ berichtet wurde, stimmen wiederum mit denjenigen überein, welche wir über das Verhalten desselben an dem mit Atropin vergifteten Thiere kennen. Denn

hier mindern kleine Dosen den Durchmesser der Gefässe, während stärkere Dosen denselben vergrössern. (*v. Bezold.**)

Die beiden Gifte das Nicotin und Atropin bewähren neben den sonstigen Uebereinstimmungen auch die, am überlebenden Organe zur sogenannten Gewöhnung befähigt zu sein, was sich bekanntlich dadurch ausdrückt, dass die eigenthümlichen Wirkungen jener Stoffe nur während einer beschränkten Zeit sichtbar werden, trotzdem dass letztere noch fortwährend in der Säftemasse anwesend sind. In meinen Versuchen prägt sich diese Eigenthümlichkeit der Gifte, und insbesondere die des Atropins so deutlich aus, dass man versucht ist nach Analogie der Vorgänge, die bei einer plötzlichen Aenderung der Temperatur und der Intensität des electrischen Stromes in irritablen Gebilden eintreten, von einer Giftschwankung als Ursache der Gefässcontraction zu sprechen. Bei der weitern Durchführung dieser Analogie stösst man jedoch sogleich auf Schwierigkeiten. Abgesehen davon dass die Wirkungen des Giftes sich auf weit längere Zeiten erstrecken als die der Temperatur und des electrischen Stromes, unterscheidet sich dieselbe auch noch dadurch, dass die Giftwirkungen nach der Entfernung der ersten wirksameren Portion, durch eine zweite Zuleitung nicht wieder herbeizuführen sind. Aus dem Verschwinden der toxicologischen Folgen des Giftes trotz seiner fortdauernden Anwesenheit, geht jedoch jedenfalls hervor, dass dasselbe in sehr verdünntem Zustande das Gemenge der Stoffe nicht wesentlich ändert, an welches die Muskelreizbarkeit geknüpft ist.

C. Chloralhydrat.

Da Nicotin und Atropin in dem überlebenden Organe die Wirkungen erzielt hatten, welche man nach den Versuchen am lebenden Thiere voraussetzen durfte, so war ich begierig auch die Erfolge des mit Chloralhydrat versetzten Blutes kennen zu lernen. Nach den Angaben von *Owsjannikow* und *Mering***) bringt das genannte Gift den arteriellen Druck noch tiefer herab als selbst die Durchschneidung des verlängerten Markes. Insofern hieran eine unmittelbare Wirkung des Chlorals auf die Gefässwände betheiligt

---

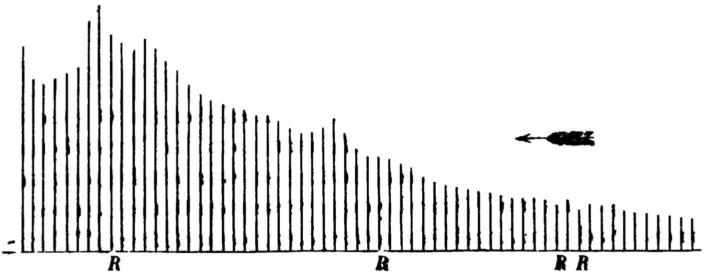
*) *L. Hermann,* Lehrbuch d. Toxikologie. 1874. p. 329.

**) Diese Berichte Jahrgang 1871. p. 146. — Archiv für experim. Pathologie und Pharmakologie. III. 185.

ist, hatte man während einer Durchleitung des mit jenen Stoffe geschwängerten Blutes eine merkliche Vermehrung der Geschwindigkeit zu erwarten; diese Voraussetzung hat sich auf das unzweideutigste bestätigt.

Wenn durch die überlebende Niere ein Strom reinen apnoischen Blutes abwechselnd mit einem solchen geschickt wurde das 0,1 bis 0,2 p. C. Chloralhydrat enthielt, so folgte dem Eintritt des letztern häufig eine vorübergehende und geringe Erniedrigung der Geschwindigkeit, nächstdem aber, und dieses geschah ausnahmslos, wuchs die Stromstärke bedeutend empor. Gleichzeitig mit dem reichlicheren Ausflusse aus der Vene begannen dann auch kleinste nicht unterbundene Gefässe zu bluten, die unter der Gegenwart reinen Blutes auch nicht ein Tröpfchen entliessen. Von dem Augenblicke an, wo der Strom in das Stadium der vermehrten Geschwindigkeit getreten war, verhielten sich nun, namentlich aber die vor kurzem ausgeschnittenen, Nieren verschieden. Bei einer Anzahl derselben die während der Durchleitung des unvergifteten Blutes keine periodischen Aenderungen des Stromes gezeigt hatten, stellten sich dieselben auch nach der Zuführung des Giftes nicht ein; in diesen Fällen stieg die Geschwindigkeit regelmässig bis zu einem Maximum an und erhielt sich darauf so lange als das vergiftete Blut durchfloss. Ein Beispiel solchen Verhaltens versinnlicht Fig. 15.

Fig. 15.



Durch die Niere fliesst unter einem Drucke von 90 Mm. Hg. apnoisches Blut mit einem Procentgehalt von 0,1 Chloralhydrat. Die geraden Linien messen die in je 2 Min. ausgeflossenen Blutmengen. 1 Ctm. derselben entspricht 2 Ccm. Bei jedem *R* unter der Abscisse wurde die mit Electroden versehene Niere electrisch gereizt. Der hier mitgetheilte Versuch ist eine Fortsetzung des durch Fig. 4 (p. 320) wiedergegebenen.

Die vorgelegte Beobachtung gewinnt ein besonderes Interesse noch darum, weil die Niere während der Durchleitung des

Chloralhydrates electrisch gereizt wurde. Man erkennt, dass auch während der Anwesenheit des vergifteten Blutes die electrische Reizung eine Wirkung übte, welche jedoch nicht in allen Stadien der Beobachtung gleich blieb. Anfänglich als das Chloral die Geschwindigkeit nur mässig erhöht hatte, bewirkte der Reiz eine geringe Verminderung der Ausflussmenge, die nach der Entfernung des erstern in eine geringe Vermehrung umschlug. Als aber die Geschwindigkeit unter der fortdauernden Anwesenheit des Chloralblutes um das vier- bis sechsfache der frühern gewachsen war, verminderte sich während der Dauer des Reizes der Ausfluss gar nicht, aber kurze Zeit nach seiner Entfernung erhob sich die Geschwindigkeit über das Maass, welches nach dem regelmässigen Verlaufe ihres Ansteigens zu erwarten war. Da wir früher (pag. 319) die Vermehrung der Geschwindigkeit welche nach der electrischen Reizung eintrat für den sichtbaren Ausdruck einer Ermüdung als Folge der vorausgegangenen Muskelcontraction erklärten, so würden wir dem entsprechend nun eine Ermüdung vor uns haben, ohne dass eine Zusammenziehung der Gefässwände vorausgegangen wäre. Ob eine solche Annahme erlaubt ist, oder ob wir es mit einer anderen Wirkung des electrischen Stromes zu thun haben, muss gegenwärtig unentschieden bleiben.

An die soeben besprochene Niere reihen sich andre an in welchen die Geschwindigkeit des Stromes und das Volum des Organs schon während der Durchleitung des reinen apnoischen Blutes periodische Schwankungen darbot. Wenn in diese Nieren das vergiftete Blut eingelassen wurde, so beharrten jene Unregelmässigkeiten nicht bloss in ihrem frühern Umfange, sondern sie traten noch deutlicher als bisher zum Vorschein. Dieses zeigt sich z. B. in dem Versuche welchem die folgenden Zahlen entnommen sind.

Apnoisches Blut mit und ohne Zusatz von Chloralhydrat.

Druck 100 Mm. Hg.

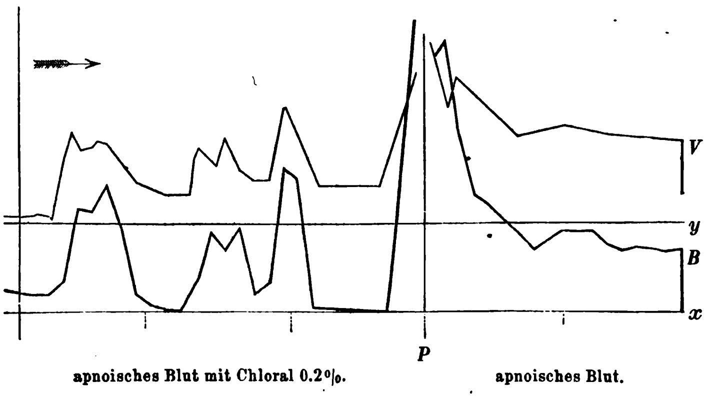
Nummer der Ausfluss-bestimmung.	In je 1 Min. ausgeflossen in Ccm. während des Fliessens von unvergiftetem Blut.	von vergiftetem Blut.	Stand des Oeles auf dem Index des in Ccm. getheilt. Plethysmometer.	Bemerkungen.
1	3,4		0,0	
	3,2		+0,5	
	2,2		−0,5	
	1,9		+0,28	
5	2,0		−0,28	
	1,6		+0,65 u. +0,60	
	1,2		−0,60	
	2,0		+0,90	
	1,9		−0,80+0,10	
10	1,5		−0,10+0,95	
	1,8		−0,85+0,40−0,40	
		1,5	+0,85—0,65	0,01 p. C. d.
		1,8	+0,40—0,65	Blutes an
		1,8	+0,60—1,25	Chloral-
15		1,5	+1,25—0,20+0,10	hydrat.
		1,7	−0,10+0,30—0,30	
		1,6	Ausdehnung und	
		1,7	Zusammenziehung	
		1,7	sehr rasch	
20	2,0		wechselnd, das Vo-	
	2,0		lum steigt allmäh-	
	2,5		lig auf	
	2,5		1,5	
		0,5	−0,45+1,25	0,2 p. C. d.
25		3,1		Blutes an
		2,9		Chloral-
		2,9	−0,75—1,05	hydrat.
		3,8		
		6,8	+1,15—1,05	
30		7,2	+1,30—1,15	
		8,8	Ausdehnung und	
		9,0	Zusammenziehung	
		9,5	von 1,0 bis 1,3 Ccm.	
34		8,0	wechseln. Während	
			der Ausdehnungen	
			stockte der Strom.	

In dieser Beobachtung enthielt das vergiftete Blut zuerst 0,01. und später 0,2 Procent Chloralhydrat. Die kleinere Gabe des Giftes bewirkte keine merkliche Aenderung der Ausflussmenge, wohl aber steigerte sie deutlich den Wechsel des Volums welcher sich auch schon vorher bei dem Strömen des unvergifteten Blutes bemerkbar gemacht hatte. Als nun später ein Blut mit einem grös-

seren Gehalt an Chloralhydrat durch die Niere ging erfolgte zuerst eine Verminderung des Ausflusses, die bei weiter fortgesetzter Durchleitung allmählig in eine beträchtliche Vermehrung überging. Währenddess wuchsen die Schwankungen des Volums an Umfang und es fand sich zugleich eine eigenthümliche Beziehung zwischen ihnen und dem Ausfluss ein. In der Zeit in welcher das Volum zunahm stockte der Ausfluss vollständig und er begann erst wieder, wenn sich der Umfang der Niere minderte. Diese letzte Erscheinung dürfte um so schwieriger zu erklären sein als in anderen Fällen gerade das Gegentheil eintrat.

Die Schwankungen welche die Geschwindigkeit und das Volum bei der Durchleitung chloralhaltigen Blutes darboten, fanden sich aber auch an Nieren ein, die beim Durchgange des unvergifteten Blutes nichts von ihnen sehen liessen. Ein ungewöhnlich auffallendes Beispiel hierfür giebt der Versuch der die Figur 16. geliefert hat.

Fig. 16.

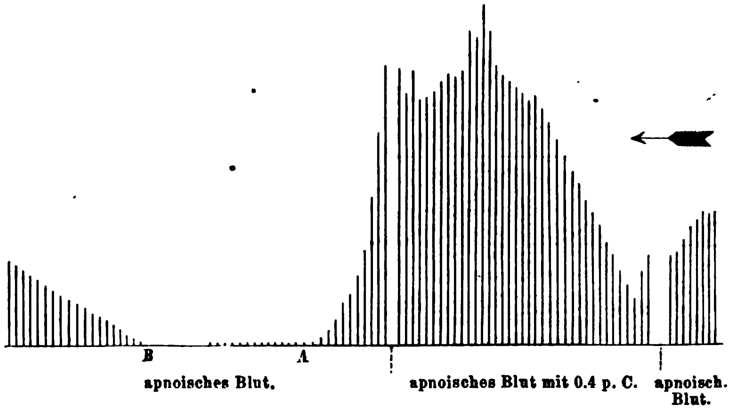


Durch die vor kurzem ausgeschnittene Niere strömt wechselnd reines und mit 0.2 p. C. Chloralhydrat vergiftetes Blut. Die Curve *B* giebt den Verlauf des Blutflusses, die Curve *V* die durch den Plethysmographen aufgeschriebenen Aenderungen des Volums der Niere. Jeder Centimeter über der Abscisse *x* entspricht 5 Ccm. ausgeflossenen Blutes; jeder Centimeter über der Abscisse *y* entspricht einer Volumänderung von 0,4 Ccm. Bei *P* war der Strom 60 Min. hindurch unterbrochen. Ohne diese Pause dauerte die Beobachtung 168 Minuten.

Durch diese Niere, deren Gefässe unmittelbar nach der Einleitung des künstlichen Kreislaufs in einen sehr anhaltenden

Tetanus verfallen waren, ging hinter dem unvergifteten ein Blut mit 0,2 Procent Chloralhydrat her, dieses erzeugte wechselnd bedeutende Beschleunigungen und Verlangsamungen des Stromes, welche letztere bis zu vollkommenen Unterbrechungen des Ausflusses führten, von denen eine 20 Minuten hindurch anhielt. Nachdem der Strom des Chloralblutes unterbrochen und die Niere eine Stunde lang sich selbst überlassen war, kam das Volum derselben auf seinen normalen Werth zurück. Als nun unvergiftetes Blut durch die Niere geschickt wurde, verhielt sich dieselbe gerade so, als ob sie bis dahin nur unvergiftetes Blut empfangen hätte; denn nach der Strompause war eine sehr bedeutende Geschwindigkeit eingetreten und diese verminderte sich während der fortdauernden Durchleitung nach der bekannten Regel; dabei verschwanden die Schwankungen der Geschwindigkeit und des Volums bis auf geringe Andeutungen. Nach den Erfahrungen welche in diesen Versuchen niedergelegt sind, kann es wohl keinem Zweifel unterliegen, dass das Chloral die Veranlassung zu einem Wechsel von Contractionen und Erschlaffungen der Gefässwände zu geben vermag.

Fig. 17.



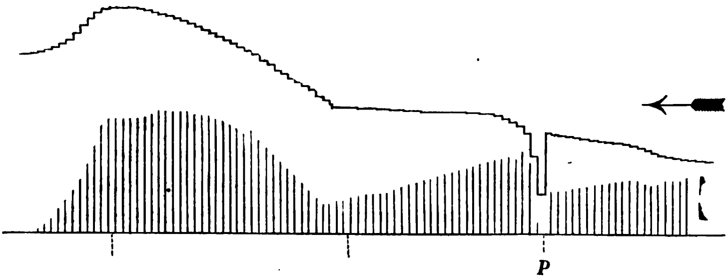
Durch die vor 24 Stunden ausgeschnittene Niere fliesst wechselnd und 0.4 p. C. Chloralhydrat haltendes apnoisches Blut unter einem Drucke von 100 Mm. Hg. Die geraden Linien messen das in je 1 Minute ausgeflossene Blut; 1 Ctm. entspricht 1 Ccm. Die Zeit welche zwischen *A* und *B* liegt beträgt 30 Minuten. Während der Zeit des stockenden Stromes verminderte sich das Volum in entsprechender Weise.

Werden statt der frischen Nieren, von denen bisher die Rede war, solche dem Versuche unterworfen, die vor 24 Stunden aus-

geschnitten wurden, so bringen kleinere Dosen des Chloralhydrats nur Verengungen des Strombettes zu Stande. Will man die Erweiterung derselben sehn, so muss ein Blut mit einem grössern Chloralgehalt — 0.3 bis 0.5 p. C. — durchgelassen werden. Unter dieser Voraussetzung kommen nun die früher beschriebenen Erscheinungen zu Tage: eine kleine Verminderung des Ausflusses im Beginn der Strömung, bei weiterer Fortsetzung derselben grosse Ausflussmengen mit periodischen Schwankungen derselben. Unter diesen verhältnissmässig grossen Dosen stirbt jedoch die Niere keineswegs ab, denn wenn man auf das vergiftete reines Blut folgen lässt, so vermindert sich die Geschwindigkeit sehr rasch bis zum Werthe Null, mit andern Worten die Stromwege verengen sich bis zum vollkommenen Verschluss der Lichtung. In diesem Zustande verharren die Gefässe viele Minuten hindurch, endlich aber öffnen sie sich wieder, sodass nun das reine Blut ähnlich geschwind wie früher abfliesst, siehe Fig. 17.

Auch noch an Nieren die ihren Standort seit 48 Stunden verlassen haben stellt sich die Wirkung des Choralhydrats deutlich her. Ein Beispiel hierfür giebt Fig. 18.

Fig. 18.



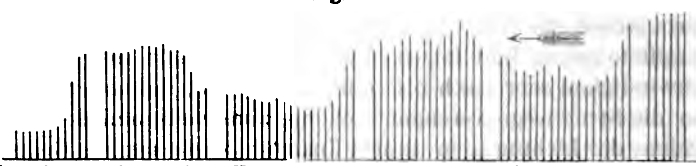
Durch die seit 48 Stunden überlebende Niere fliesst abwechselnd reines und 0.4 procentiges apnoisches Chloralblut unter einem Drucke von 100 Mm. Hg. Die gebrochene Linie ist vom Plethysmographen gezeichnet. Die geraden Linien messen das in je 1 Min. ausgeflossene Blut; 1 Ctm. derselben entspricht 4 Ccm. Bei *P* unter der Abscisse war eine Pause von 17 Minuten eingeschaltet.

Soweit also die Beobachtung fortgeführt ist entspricht sie vollkommen der vorhergehenden.

Durch noch grössere Dosen des Giftes wird selbstverständlich die überlebende Niere abgetödtet. —

Weil sich durch Chloralhydrat die rothen Blutkörperchen verändern, so musste ich prüfen ob die auffallenden Wirkungen desselben auch dann noch hervortreten, wenn das Gift in reinem Blutserum gelöst durch die Niere geführt wurde. Der Holzschnitt 19 zeigt deutlich, dass auch ohne Dazwischenkunft der im Blute aufgeschwemmten Körperchen die Beschleunigung des Stromes als Folge des Chloralhydrats auftritt.

Fig. 19.



Durch die ganz frische Niere fliesst unter einem Drucke von 60 Mm. Hg. abwechselnd reines und solches Serum das 0,2 p. C. Chloralhydrat enthielt. Die geraden Linien messen das in 1 Minute ausgeflossene Volum; 1 Ctm. derselben entspricht 2 Ccm. Serum.

Keine der bei dem Strome des Blutes beobachteten Erscheinungen fehlt bei dem des Serums. Das chloralhaltige Serum fliesst rascher als das reine, es weckt in der Niere periodische Aenderungen des Gefässdurchmessers und wenn dasselbe durch das reine Serum verdrängt wird, so erscheint zunächst eine Verengung der Strombahn, die sich bei weiter fortgesetzter Leitung des reinen Serums wieder ausgleicht. Somit lässt sich die den Strom beschleunigende Wirkung unseres Giftes mit Sicherheit auf die veränderte Nachgiebigkeit der Gefässwand selbst zurückführen.

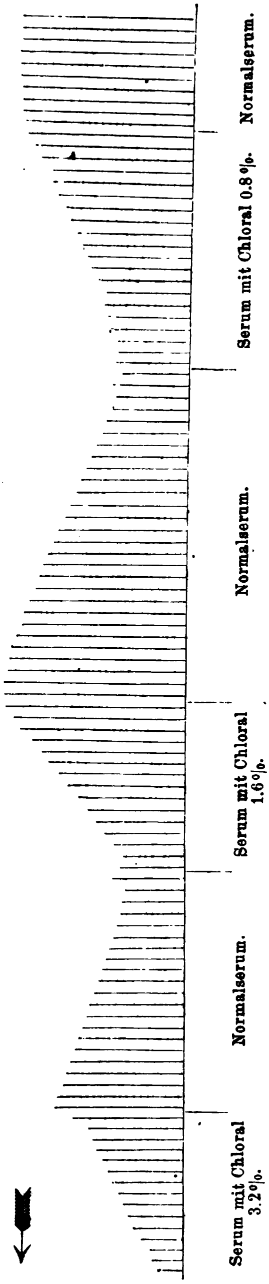
Bei den Versuchen mit Durchleitung des Serums machte ich zufällig eine Erfahrung die ich hier mittheilen will, weil sie vielleicht dazu beiträgt ein Licht auf die Ursachen der Chloralwirkung zu werfen. Schon früher wurde mitgetheilt dass die Gefässwand der Niere in Todtenstarre übergehe, wenn die letztere, nachdem sie aus der frischen Leiche ausgeschnitten wurde, noch 10 bis 12 Stunden in der Zimmertemperatur (etwa 18⁰ C.) liegen bleibt. Durch die abgestorbene Niere bewegt sich der Blutstrom sehr langsam, und es haben auf ihn die Strompausen, die Gifte und die electrischen Reizungen keinen merklichen Einfluss mehr. Als ich nun durch eine Niere die während 18 Stunden dem Einflusse der Zimmerwärme ausgesetzt war, reines Serum durch-

fliessen liess und hierbei ein reichliches Strömen bemerkte, so benutzte ich diesen Fall um die Wirkung des Chloralhydrats auf die abgestorbene Niere zu prüfen. Das Resultat welches ich erhielt giebt Fig. 20. wieder.

Die abgestorbene Niere verhält sich hier dem Chloralhydrat gegenüber gerade umgekehrt wie die lebendige, denn es mindert sich mit dem Zutritt der chloralhaltigen Flüssigkeit die Geschwindigkeit des Stromes ganz auffallend und sie wächst wieder zu ihrem früheren Werthe an, wenn das vergiftete durch reines Serum ausgewaschen ist. Diese Thatsache liefert einen unverfänglichen Beweis dafür, dass die Erweiterung des Stromes, welche das Chloral in der überlebenden Niere verlanlasst, nicht auf einer Minderung der Elasticität ruht, welche der Gefässwand auch noch nach dem Verluste ihrer irritablen Eigenschaften zukommt.

Auch noch einen andern Versuch möchte ich, obwohl er allein steht, nicht mit Stillschweigen übergehen. Derselbe betrifft eine Durchleitung von Erstickungsblut, welchem bis zu 0.4 Procent seines Volums Chloralhydrat beigemengt war. Trotz dieser grossen Gabe und trotzdem dass die Nieregefässe sich anderen Reagentien gegenüber als vollkommen lebendig erwiesen, brachte das vergiftete Erstickungsblut keine Ausdehnung der Strombahn zu Stande. Daraus könnte man

Fig. 20.



Durch die abgestorbene Niere fliesst unter einem Drucke von 54 Mm. Hg. abwechselnd reines Serum und solches welches 0.8, 1.6 und 3.2 p. C. Chloralhydrat enthielt. Die geraden Linien messen das in je 1 Min. ausgeflossene Blut. 1 Ctm. derselben entspricht 1 Ccm.

schliessen, dass ein bedeutender Kohlensäuregehalt des Blutes die Wirkungen des Chloralhydrates aufzuheben vermöchte.

Die Eigenschaften, welche der chloralhaltige Blutstrom darbietet, lassen sich ohne Schwierigkeit aus Aenderungen ableiten, welche der irritable Bestandtheil der Gefässwand erfahren hat. So sind vor allem die rhythmischen Schwankungen des Durchmessers der Gefässe nur durch active Contractionen zu erklären, theils wegen ihres zeitlichen Verlaufes, vor allem aber darum, weil für die Entstehung derselben aus irgend welchem andern Grunde bei dem unveränderten Bestande aller äussern Bedingungen keine Veranlassung vorliegt. — Nicht ganz so klar ist es, wesshalb die Gefässwand durch das Chloralhydrat erschlafft wird. Wenn wir auch annehmen dürfen, dass ein wesentlicher Theil des Widerstandes, welchen die Gefässhaut der ausdehnenden Gewalt des Blutstromes entgegensetzt, von den Muskeln geleistet wird, und wenn es demgemäss auch gestattet wäre, die Ausdehnung der Wand während des mit Chloralhydrat geschwängerten Blutstromes aus einer Erschlaffung der Muskeln abzuleiten, so bleibt es doch noch fraglich ob diese Verminderung des Tonus durch eine Einwirkung auf die elastischen oder die contractilen Kräfte bewirkt sei. Vor der Beantwortung dieser muss erst die andre Frage entschieden sein, ob der Verkürzungsgrad, in welcher sich die Gefässwand bei der Durchleitung des reinen Blutes befindet, auf einem Tetanus oder einer vermehrten Elasticität beruht. Bei der mangelhaften Kenntniss, die wir von dem innern Zustande der glatten Muskeln besitzen, steht uns keine entscheidende Antwort zu Gebote, wenn man auch einen so anhaltenden Tetanus, der sich aus einer raschen Folge von Zuckungen hervorbilden soll, für höchst unwahrscheinlich halten muss.

Die Beobachtungen, welche dieser Abschnitt meiner Abhandlung enthält, liefern von allem andern abgesehn den Nachweis, dass alle Erscheinungen welche man im Kreislauf des lebenden Thieres nach der Einführung von Giften beobachtet, nur unvollkommen erklärt werden können, wenn nicht in das Bereich des Versuches auch der künstliche Blutstrom durch das überlebende Organ aufgenommen wurde. Denn es ist nun deutlich, dass die Wirkungen des Nicotins, Atropins und Chloralhydrates, welche man bisher ihrem Einflusse auf die Centren der Gefässnerven zuschrieb, mit gleichem, ja mit grösserem Rechte aus einer Aenderung der Gefässwand selbst zu erklären sind, die von jenem Gifte

ohne Dazwischenkunft des verlängerten Markes hervorgebracht ist.

VII. Das Oedem der Niere.

Die Aenderungen, welche das Volum der Niere während des künstlichen Blutstromes erlitt, waren, wie schon angegeben, entweder nur vorübergehend oder dauernd. Die ersteren wurden durch die Anfüllung der Gefässe mit Blut bedingt, wie sich einfach daraus ergab, dass die Niere nach vorausgegangener Schwellung wieder auf ihren ursprünglichen Umfang zurückkam, nachdem das angehäufte Blut ausgeflossen.

Eine dauernde Vermehrung des Volums liess sich dagegen aus der grösseren Füllung der Blutgefässe nicht erklären, weil sich dieselben bei der Section eher unter als über das normale Maass gefüllt zeigten. Ihr liegt also eine Schwellung, sei es der Lymphräume oder der Gewebsmassen selbst zu Grunde. Für das erstere macht sich geltend die sichtbare Ausdehnung der Lymphstämmchen, welche auf der Nierenkapsel verlaufen. Dass aber hierdurch nicht die alleinige Ursache für das gewachsene Volum gegeben ist, beweist die mikroskopische Untersuchung. Durch sie stellte sich jedesmal, so oft sich der Umfang bedeutend vergrössert hatte, eine starke Aufblähung des epithelialen Beleges der gewundenen Canäle heraus. Aus diesem Befunde erklärt sich auch die Langsamkeit des Blutstromes durch die geschwollenen Nieren, und zwar in der Art, dass innerhalb der gespannten Capsel die ausgedehnten Canälchen den Raum für die Blutgefässe beengen.

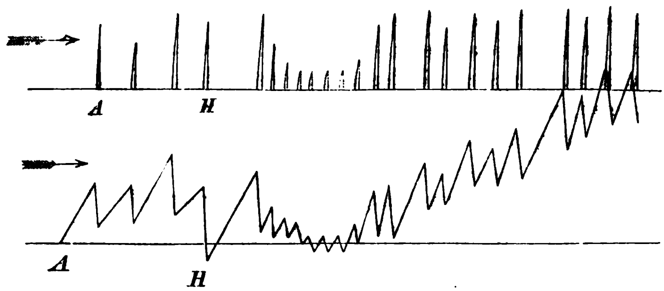
Die dauernde Schwellung tritt nicht unter allen Umständen gleich rasch und gleich stark ein, am wenigsten macht sie sich geltend an der frischen Niere, während sie an solchen die vor vierundzwanzig bis achtundvierzig Stunden ausgeschnitten waren sehr auffallend hervor trat.

Von dem Einflusse, welchen die Dauer des Ueberlebens übt, kann man sich sehr deutlich überzeugen wenn man dieselbe Niere zu verschiedenen Zeiten jedesmal gleich lange vom Blute durchströmen lässt. Bei einem solchen Versuche nimmt die Niere unmittelbar nach der Entfernung aus ihrem natürlichen Standort in Folge des Stromes um ein kaum merkliches zu, während bei einer gleichen Dauer des letzteren sie 24 Stunden nachher

um 20 bis 30 und 48 Stunden nachher bis zu 36 Grammen an Gewicht gewann.

Unter den Stoffen, welche ich dem zur Durchleitung benutzten Blute zufügte, äusserte das Chloral einen kaum merklichen, der Harnstoff dagegen einen sehr mächtigen Einfluss auf die dauernde Schwellung. Mit dieser letztern Substanz habe ich jedoch nur wenige Versuche ausgeführt, bei denen ich einigemale sehr auffallende Erscheinungen bemerkte. Den beachtenswerthesten meiner Fälle werde ich hier noch kurz erwähnen. Als in die Nierenarterie unvergiftetes apnoisches Blut eingelassen wurde, schwoll dieselbe zunächst bedeutend an, ohne dass ein Tropfen aus der Vene ausfloss. Plötzlich ergoss sich das Blut mit rasch zu- und ebenso rasch abnehmender Geschwindigkeit aus der Vene, während gleichzeitig das Volum der Niere bedeutend herabging. Von nun an stockte der Ausfluss und es nahm der Umfang der Niere wieder zu; nachdem dieser bis auf ein gewisses Maass gestiegen stellte sich der Strom in der vorhin beschriebenen Weise wieder ein. Auf diese Art kam eine Vertheilung des Fliessens und der Volumänderung zu Stande, wie sie in Fig. 21 dargestellt ist.

Fig. 21.



Durch die unmittelbar vorher ausgeschnittene Niere strömte zuerst reines dann mit Harnstoff (1.0 p. C.) versetztes apnoisches Blut. Die obere Curve stellt den Verlauf des Blutflusses aus der Vene, die untere den der Volumänderung der Niere dar. 1 Ctm. der Ordinaten entsprechen in beiden Fällen 2 Ccm. Zwischen *A* und *H* strömte reines, jenseits *H* das mit Harnstoff versetzte Blut.

Nachdem das reine gegen ein mit Harnstoff versetztes Blut ausgetauscht war, behielt der Strom den beschriebenen Modus zwar bei, jedoch mit dem Unterschied, dass sich anfangs die Perioden weit rascher folgten, wobei die durch je einen Stoss

abgeflossenen Mengen und dem entsprechend auch die Volumänderungen weit kleiner wurden; allmählig jedoch nahmen beide wieder die ursprüngliche Grösse an. Ein Verlauf des Abflusses, wie er hier beschrieben wurde, erklärt sich bekanntlich am einfachsten aus einer Ansaugung welche einen bestimmten Abschnitt der Venenwand so lange zusammengepresst hält, bis der Druck des Blutes in den Venenwurzeln zu einer Höhe angeschwollen ist, welche die der Saugkraft zu überwinden vermag. Im Momente, wo dieses geschehen, wo also die Lichtung der Vene eröffnet ist stürzt das Blut aus den gespannten Wurzeln und ertheilt der Venenwand eine Bewegung, die es verhindert, dass schon nach dem Abfluss der ersten Tropfen von Seiten der Saugkraft wiederum ein Schluss erfolgt. — Diese Erklärung des Vorganges scheint mir aber hier nicht anwendbar, einmal weil in meinem Apparate keine Veranlassung zum Ansaugen der Venenwand gegeben war, noch mehr aber darum nicht, weil uns die Annahme im Stiche lässt, wenn wir aus ihr ableiten sollen, warum die Perioden nach der Zuführung des harnstoffhaltigen Blutes kleiner wurden. — Ist nun die beschriebene Art des Stromes keine Folge des fehlerhaften Apparates, sondern eines Vorgangs im Innern der Niere selbst, so müsste man an eine periodische Wiederkehr der Verengung im Bereiche der Venen denken, deren Mechanismus freilich dahingestellt bleiben muss.

Kehren wir nach dieser Abschweifung zu dem Oedem zurück, so werden wir zunächst ohne Schwierigkeit begreifen, warum dasselbe in den spätern leichter als in den frühern Stadien des Ueberlebens eintritt. Mit der wachsenden Zeit werden sich in den Epithelien der angeschnittenen Niere mehr und mehr Zersetzungsproducte anhäufen, welche einen Diffusionsstrom in die Masse derselben bedingen. — Schwieriger ist es einzusehen warum das harnstoffhaltige Blut die Epithelien ödematos macht. Sollte sich in ihnen der Harnstoff ansammlen, so würde dieses jedenfalls eine Thatsache von Bedeutung sein. —

VIII. Künstlicher Blutstrom durch das Pfortadersystem der ausgeschnittenen Leber.

Da den Wandungen der vena portarum der starke Beleg von Muskelmasse fehlt, welcher den Nierenarterien bis zum vas afferens glomeruli hinab eigenthümlich ist, so musste es wünschens-

werth erscheinen auch den Strom durch diese Bahnen zu studiren. Es liess sich hoffen, dass aus einer Vergleichung der Strömungen durch Niere und Leber ein Aufschluss über den Antheil gewonnen würde, den die Muskeln an der Regulirung derselben nehmen.

Der Apparat, welcher für den Strom durch die Niere benutzt war, konnte auch für die Versuche an der Leber verwendet werden, nachdem einige Modificationen an ihm angebracht waren. Die erste derselben betraf den Behälter innerhalb dessen das zu durchströmende Organ gelegt ward; dem Umfang der Leber entsprechend musste er grösser, und der Lagerung der venae portarum und hepatica gemäss mussten auch die der Canülen angepasst sein, welche das Blut ein- und ausführten. Zu dieser selbstverständlichen Aenderung kam eine andre, durch welche der Druck des Blutes vor der vena portarum auf das geringere Maass herabgebracht wurde, dessen der Strom durch die Leber im Gegensatz zu dem der Niere bedarf. Zu diesem Ende wurde die grosse Druckflasche (*A*), welche in der Fig. 1 (p. 309) gezeichnet ist ganz beseitigt, und nur die kleinen mit Blut gefüllten Kolben (*EE*) beibehalten, welche wiederum nach der Vorschrift von *Mariotte* aufgestellt wurden. Der Druckunterschied zwischen dem Blutspiegel ihres Trichters und der Ausflussmündung der Canüle, welcher das Blut aus der vena hepatica in das Uförmige Rohr führte, war genügend um einen lebhaften Strom zu unterhalten. Unter diesen Umständen kam es also nur darauf an, die beiden Trichter, wenn ihre Anwendung geboten war, auf dieselbe Höhe zu bringen, eine Aufgabe die sich mit bekannten Mitteln genau und leicht lösen liess.

Bei allen Versuchen an der Leber wurden immer die kleinerer Hunde benutzt, welche stets in Verbindung mit dem Zwerchfell herausgenommen waren. Da bei richtiger Einsetzung der Canülen in die Pfort- und Hohlader nur noch zwei Gefässe, ein Aestchen der vena pancreatico-duodenalis und die vena cava inferior vor ihrem Eingang in die Leber zu unterbinden sind — denn aus den Lebercapillaren geht kein Blut in die Verzweigungen der Leberarterie über* — so kann die Ueberführung der Organe aus der Leiche in den Apparat, welcher die gerinnbaren Blutmengen ausspülen soll, in noch kürzerer Zeit als an der Niere vollführt

*) Betz, Wiener Sitzungsberichte. Bd. 46. 1862.

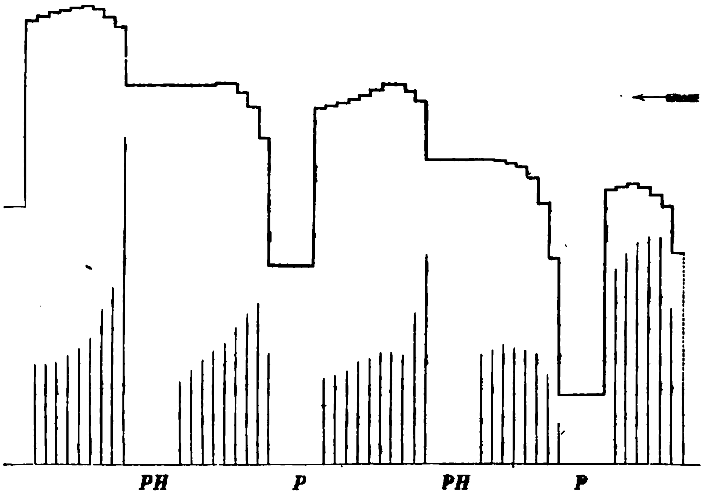
werden. Alle Vorsichten, welche das Eindringen der Luft in den Gefässbaum verhüten, wurden auch hier geübt. Weil das Blut des kleinen Hundes zur Unterhaltung eines länger dauernden Stromes nicht ausreichte, gewann ich vor der Tödtung desselben die nöthige Menge durch Verblutung eines grossen Thieres. Das Blut wurde defibrinirt und immer im apnoischen Zustande verwendet.

Die Leber besass, unmittelbar nachdem sie aus dem mit allen Kunstgriffen verbluteten Thiere genommen, eine blassgelbe Farbe und nirgends waren auf ihrer Oberfläche Andeutungen von eingeschlossenem Blute zu bemerken; auch fühlte sie sich sehr weich an. Drang das apnoische Blut von der Pfortader aus in sie ein, so füllten sich nicht alle Orte ihrer Oberfläche gleichmässig, sondern es blieben innerhalb der rothgefärbten einzelne blassgelbe Inseln zurück. Wenn darauf für einige Zeit der Strom unterbrochen und dann wieder eingeleitet wurde, so drang nun das Blut ausnahmslos an alle Orte. Gerinnsel können also das Blut von den vorhererwähnten gelben Inseln nicht abgehalten haben. Hatte der künstliche Strom sich während längerer Zeit durch die Leber bewegt, so entliess sie nach einer nun folgenden Pause nicht mehr alles Blut, wie es unmittelbar nach dem Tode geschehen war; dieses liess sich aus ihrer rothen Farbe erkennen; auch ihr Volum schrumpfte nicht mehr auf die frühere Grösse und zugleich schien sie härter geworden zu sein. Alles dieses deutet darauf hin, dass die Leber trotz des zugeleiteten Blutes bald einer Starre anheimfällt. Ist diese meine Vermuthung begründet, so ist der kürzeren Ueberlebensdauer wegen, die Leber nur in den allerersten Zeiten nach ihrer Ausschneidung zu den vorliegenden Versuchen geeignet. Aus meinen gerade nicht sehr zahlreichen Beobachtungen hebe ich das Folgende als sichergestellt heraus.

Die Nachgiebigkeit der Gefässwand, welche sich in der Niere während einer Pause ausbildet die in den künstlichen Strom eingeschaltet ist, entsteht unter Umständen auch in der Leber. Um sie sichtbar zu machen bedarf es jedoch einer Modification des Verfahrens. Wenn der Zufluss zu der Leber unterbrochen und währenddess die vena hepatica offen ist, so entleert sich durch diese wegen der Nachgiebigkeit unseres Organes das Blut sehr vollständig; und wenn nun der Strom unter dem geringen Druck, der auf dem Inhalt der vena portarum lastet, wieder

beginnt, so bedarf es zur Füllung und Spannung der Leber einer längeren Zeit, in der sich dann auch die frühere Elasticität der Wandungen wieder einstellt. Hiedurch verwischt sich der Ausdruck den die vermehrte Nachgiebigkeit der Gefässwand in der Stärke des Stromes findet. Er macht sich dagegen deutlicher geltend, wenn man mit dem Zufluss zur vena portarum zugleich die vena hepatica schliesst, so dass der wieder beginnende Strom sogleich eine gefüllte Bahn vorfindet. Auf die eine und die andre Weise — bei offner oder geschlossener vena hepatica — ist der folgende Versuch angestellt.

Fig. 22.



Durch die Leber fliesst apnoisches Blut unter einem Drucke von 10 Mm. Hg. Die geraden Linien messen die in je 2 Minuten ausgeflossene Blutmenge. Die gebrochene Linie welche vom Plethysmographen gezeichnet ist, misst die Volumänderungen der Leber. Jeder Ctm. von der Länge der geraden Linien und der Höhe der Plethysmographencurve über der Abscisse entspricht 2.5 Ccm. Ein *P* unter der Abscisse bedeutet dass zu dieser Zeit eine Strompause von 30 Min. bestand, währenddess der Zufluss des Blutes zur Leber gehemmt, der Abfluss desselben aber gestattet war. Das *P H* dagegen bezeichnet dass während der gleichlangen Strompause die vena portarum und hepatica gleichzeitig verschlossen waren.

Diese Versuche sprechen es deutlich aus, dass auch die Gefässe der Leber nach einer vorausgegangenen Pause des Stroms unter demselben Drucke in der Zeiteinheit mehr Blut durchlassen, als nach einer längeren Periode ununterbrochener Strömung.

Die Wirkungen der electrischen Entladungen auf die Geschwindigkeit des künstlichen Blutstromes durch die Leber wurden mit denselben Mitteln wie an der Niere geprüft. Da jedoch wegen des weit grösseren Querschnittes der Leber ein geringerer Leitungswiderstand als an der Niere zu erwarten war, so bediente ich mich unter Anwendung des galvanischen Stromes nur zweier grössern Groves. Der Erfolg dieser Reizungen ist in den folgenden 3 Tabellen niedergelegt, welche von eben so vielen verschiedenen Versuchen abgeleitet sind.

Ordnungsnummer der Ausflussbestimmung.	Während 1 Min. unter einem Druck von 18 Mm. Hg. ausgeflossen in Ccm.	Bemerkungen.	Ordnungsnummer der Ausflussbestimmung.	Während 1 Min. unter einem Druck von 18 Mm. Hg. ausgeflossen in Ccm.	Bemerkungen.
1	17,0			**13,2**	Galvanisch gereizt während dieser Minute.
	16,0			12,2	
	16,0			12,0	
	15,0			11,4	
5	13,5		30	11,0	
	13,5			11,0	
	16,0	Galvanische Reizung während dieser Minute.		11,0	
	16,2			11,0	
	13,6			10,4	
10	12,6		35	10,1	
	12,0			10,0	
	11,6			**12,0**	Galvanisch gereizt während dieser Minute.
	11,0			11,6	
	10,8			10,6	
15	**14,2**	Galvanisch gereizt während dieser Minute.	40	9,6	
	14,8			8,8	
	13,2			8,6.	
	12,0				
	11,4				
20	11,0				
	11,0				
	10,8				
	11,0				
	11,6				
25	10,8				

Ordnungsnummer der Ausflussbestimmung.	Während 2 Min. unter einem Druck von 18 Mm. Hg. ausgeflossen in Ccm.	Bemerkungen.	Ordnungsnummer der Ausflussbestimmung.	Während 1 Min. unter einem Druck von 18 Mm. Hg. ausgeflossen in Ccm.	Bemerkungen.
1	10,0			**5,8**	Galvanisch gereizt während dieser Minute.
	10,2			5,2	
	10,0			4,2	
	8,8	Galvanisch gereizt während dieser Minute.	25	3,7	
5	**14,2**			3,7	
	13,6			Ausgefl. in 2 M.	
	7,4			3,4	Nach einer Unterbrechung des Stromes während 3 St.
	5,0			2,3	
	8,5	Galvanisch gereizt während dieser 4 Minuten.		2,1	
10	**9,4**		30	1,9	
	9,2			**4,1**	Galvanisch gereizt während dieser 2 Min.
	8,6			3,8	
	5,4			4,0	
	4,0			2,0	
15	4,0		35	1,8	
	4,2			1,7	
	4,4			1,6	Galvanisch gereizt während dieser 2 Min.
	4,2			**4,6**	
	4,2			5,6	
20	4,2		40	2,3	
	4,2			1,6	

Ordnungsnummer der Ausflussbestimmung.	In je 1 Minute unter einem Druck von 18 Mm. Hg. ausgeflossen in Ccm.	Bemerkungen.	Ordnungsnummer der Ausflussbestimmung.	In je 1 Minute unter einem Druck von 18 Mm. Hg. ausgeflossen in Ccm.	Bemerkungen.
1	14,0			1,8	
	15,5		25	1,7	
	15,6	Inductionsreiz RA. 90 Mm. während dieser Minute.		1,7	
	15,6			1,5	
5	16,0			1,5	
	16,5			**2,7**	Galvanisch gereizt während dieser 2 Minuten.
	16,5	Inductionsreiz RA. 50 Mm. während dieser 2 Min.	30	**2,8**	
	16,5			1,4	
	13,7			1,4	
10	12,7	Inductionsreiz RA. 20 Mm. während dieser 2 Minuten.		0,7	
	12,6		Der Druck auf 25 Mm. Hg. erhöht		
	12,4				
	11,6			6,8	
	10,3		35	8,6	
15	10,1			9,6	Galvanisch gereizt während dieser Minute.
	10,1	Inductionsreiz RA. 0 während dieser 2 Min.		**15,0**	
	9,8			16,0	
	9,7			?	
	8,8		40	11,6	
20	8,1			10,2	
	7,9			10,0	
	1,8	Nach 10 Min. langer Ruhe.		10,2	Galvanisch gereizt während dieser Minute.
	1,8			**15,4**	

Ordnungsnummer der Ausflussbestimmung.	In je 1 Min. unter einem Druck von 18Mm. Hg. ausgeflossen in Ccm.	Bemerkungen.	Ordnungsnummer der Ausflussbestimmung.	In je 1 Minute unter einem Druck von 18Mm. Hg. ausgeflossen in Ccm.	Bemerkungen.
45	21,9		55	10,0	
	15,5			10,0	
	10,0			9,8	
	9,6			**14,2**	Galvanisch gereizt während dieser Minute.
	9,4			19,8	
	9,6		60	13,6	
50	**9,6**	Inductionsreiz während dieser Minute.		10,4	
	9,6			10,0	
	9,8	Inductionsreiz während dieser Minute.	63	9,8	
	9,8				
	10,0				

Aus der dritten Tabelle geht hervor, dass die Schläge eines mächtigen Inductors ohne alle Wirkung auf den Strom bleiben. Dagegen zeigt die Schwankung des galvanischen Stromes einen sehr deutlichen Einfluss. Der Art nach weicht er jedoch wesentlich von dem Erfolge ab, der unter gleichen Umständen an der Niere hervortrat. Wenn die Leber von den galvanischen Stromstössen getroffen wird, so wächst die Ausflussmenge alsbald an, und sie hält sich auf dem höhern Werthe, selbst wenn die Reizung vier Minuten hindurch andauert. Mit der Ausschaltung des Organs verschwindet der Zuwachs, welchen der Strom empfangen nicht sogleich, sondern es bleibt eine Nachwirkung zurück. — Der in *C Cm* ausgedrückte Zuwachs der Stromstärke schwankt während der Reizung der drei Lebern in den Grenzen von 1.6 bis 5.4 Ccm. Obwohl dieser Werth an sich gering ist, so macht er doch einen bedeutenden Bruchtheil der gesammten in der Zeiteinheit vor der Reizung aufgesammelten Blutmenge aus. Zu der Zeitdauer, welche seit dem Beginne des künstlichen Stromes verstrichen ist, steht der Zuwachs des Ausflusses in keiner deutlichen Beziehung; wenn er auch einige Male mit dem Wachsthum der ersteren abnimmt, so verhält es sich andere Male gerade entgegengesetzt. — Die Nachwirkung verhält sich ebenfalls nach Dauer und Grösse verschieden. Nach einer Reizungszeit von 1 Minute fehlt sie niemals, sie ist dagegen nach einer solchen von 4 Minuten nicht wahrnehmbar. Wenn man annimmt, dass sie in der Minute verschwunden sei in welcher die Ausflussmenge zu der Zahl zurückkehrte, welche vor der Reizung bestanden

hatte, so schwankt ihre Dauer zwischen 1 bis 6 Minuten. An Grösse kommt sie in der Regel nicht bloss der Stromstärke gleich, welche während der Zeit des Reizes selbst vorhanden ist, sondern sie übertrifft dieselbe häufig. — Von einer auf die Erregung folgenden Ermüdung lassen meine Versuche keine Andeutung erkennen. Diese müsste als Gegenstück der vermehrten in einer verminderten Geschwindigkeit bestehen, die nach kürzerer oder längerer Dauer wieder zu einer solchen zurückkehrte, wie sie vor der Reizung aufgetreten. Dieses Verhalten stellt sich aber nirgends heraus.

Obwohl nun die von der galvanischen Reizung hervorgerufenen Erscheinungen manche Züge derjenigen tragen, welche durch die Formveränderung eines irritabeln Gebildes veranlasst sein konnten, so enthalte ich mich doch der Behauptung, dass der electrische Reiz eine Erweiterung des Strombettes durch eine Wirkung auf muskelähnliche Werkzeuge bedinge. Für die Funktion der Leber ist die mitgetheilte Reihe von Thatsachen wichtig genug um eine Wiederholung und Variation der Versuche zu fordern.

An Giften habe ich dem Blute, welches durch die Leber floss, Nicotin, Cyankalium und Chloralhydrat beigemengt.

Apnoisches Blut mit und ohne Zusatz von Nicotin.			Apnoisches Blut mit und ohne Zusatz von Nicotin.		
Zahl der Ausflussbestimmung.	In je 1 Minute unter einem Druck von 8 Mm. Hg. ausgeflossen in Ccm.	Bemerkungen.	Zahl der Ausflussbestimmung.	In je 1 Minute ausgeflossen in Ccm.	Bemerkungen.
1	9,0	Reines Blut	1	13,0	Reines Blut
	9,0			13,0	
	8,5			14,0	
	8,5			12,0	
5	8,0		5	12,0	
	8,0			11,5	
	7,0			11,0	
	14,5	Blut mit 0.01 p. C. Nicotin.		10,0	Blut mit 0.5 p. C. Nicotin.
	13,5			10,0	
10	12,5		10	10,0	
	13,5			8,0	
	14,5			7,0	
	15,0			10,0	
	14,0			19,0	
15	12,5		15	21,0	
				23,0	

Das Nicotin beschleunigt den Strom, zuweilen geht der Erhöhung der Ausflussmenge eine Erniedrigung derselben voraus. — Wenn das nicotinhaltige Blut durch reines verdrängt wird, so kehrt die geringere Stromgeschwindigkeit wieder; durch einen erneuten Zusatz des Giftes gelingt es zum zweiten Male die Stromstärke zu steigern.

Apnoisches Blut mit und ohne Zusatz von Nicotin.

Zahl der Ausflussbestimmung.	In je 2 Minuten unter einem Druck von 17 Mm. Hg. ausgeflossen in Ccm.	Bemerkungen.	Zahl der Ausflussbestimmung.	In je 2 Minuten unter einem Druck von 17 Mm. Hg. ausgeflossen in Ccm.	Bemerkungen.
1	10,5	Reines Blut		5,0	Das bei der frühern Durchleitung des nicotinhaltigen Blutes aufgefangene noch einmal durchgeführt.
	10,0		50	5,5	
	9,5			7,0	
	9,0			10,0	
5	9,0			10,5	
	9,0			12,5	
	8,0		55	13,8	
	7,5			15,0	
	17,5	Blut mit 0,5 p. C. Nicotin.		15,5	
10	16,5			17,0	
	28,0			18,0	
	26,0		60	19,0	
	26,0			20,0	
	28,0			20,5	
15	28,5			21,5	
	30,0			21,5	
	28,0			22,0	
	28,5			22,0	
	29,0			23,0	
20	29,0			22,5	
	27,0			23,0	
	27,5			23,0	
	25,0			23,0	Reines Blut
	24,			17,0	
25	23,0	Reines Blut		14,0	
	18,0			11,0	
	15,0			9,0	
	12,5			8,0	
	11,0			9,0	
30	10,0			5,0	
	7,0				
	8,5				
33	7,2				
48	5,0				

Eine ähnliche Wirkung zeigt das Cyankalium, welches ohne vorgängigen Abfall derselben die Geschwindigkeit erhöht; durch kleine Dosen wird die Structur der Leber nicht beeinträchtigt, denn es kann nach der Auswaschung des Giftes die früher vor-

handene Geschwindigkeit wieder zurückgebracht und durch abermaligen Zusatz wieder erhöht werden. Wenn dagegen auf zehntausend Theile Blutes 6 Cyankalium kommen, so bringt das Gift schon dauernde Veränderungen hervor.

Apnoisches Blut mit und ohne Zusatz von Cyankalium.

Zahl der Ausflussbestimmung.	In je 2 Minuten unter einem Druck von 13,5 Mm. Hg. ausgeflossen in Ccm.	Bemerkungen.	Zahl der Ausflussbestimmung.	In je 2 Minuten unter einem Druck von 13,5 Mm. Hg. ausgeflossen in Ccm.	Bemerkungen.
1	6,5	Reines Blut.	33	8,5	Blut mit 0,06 p. C. Cyankalium.
	6,0			8,8	
	6,0		35	9,0	
	5,6			8,7	
5	5,7			9,0	
	5,6			9,0	
	6,0	Blut mit 0,01 p. C. Cyankalium.		8,8	
	8,5		40	8,8	
	9,5			8,0	
10	11,0			7,2	
	11,0			6,8	
	10,2			6,4	
	11,2		45	5,0	
	10,5			4,8	
15	11,0			4,4	
	11,1			4,4	
	11,1			4,2	
	10,6	Reines Blut.			
	8,4				
20	8,4				
	8,0				
	7,8				
	7,6				
24	7,0				
32	6,4				

Auch das Chloralhydrat vermag die Geschwindigkeit des Stromes emporzutreiben, ganz ähnlich wie an der Niere. Um seine Wirkungen an der Leber hervortreten zu lassen bedarf man jedoch grösserer Gaben.

Ein Zweifel, ob es den Lebenseigenschaften der Gefässwand gebühre, wenn man ihnen die Ursache für die Aenderungen der Geschwindigkeit des giftführenden Stromes zuschreibt, kann leicht beseitigt werden. Käme in der That hier etwas Aehnliches in das Spiel wie in den von *Poiseuille*[1]) mit verschiedenen Lösungen angestellten Versuchen, so müsste auch bei einem

1) Annales de chimie et physique. XXI. 75. Jahrgang 1847.

Strome durch eine enge und lange Glasröhre die beschleunigende Wirkung des Nicotins sichtbar werden. Bei einer sehr sorgfältigen Prüfung, welche *Heger* unternahm, zeigte sich jedoch das Nicotin innerhalb einer Glasröhre ohne eine merkliche Wirkung. Um den Erfolg seines Versuches zu sichern, liess er 500 Ccm. desselben Blutes aus einer Flasche je zweimal durch ein Glasrohr von 1 Mm. Diam. und 2 Meter Länge fliessen; zuerst rein und dann mit Nicotinmengen versetzt, die den Strom in der Leber bedeutend beschleunigt haben würden. Die 500 Ccm. Blut bedurften zu ihrer Entleerung gleicher Zeiten, ob sie rein oder nicotinhaltig waren. Wenn sich also für so grosse Mengen Blut und so lange Beobachtungszeiten der Einfluss des Nicotins auf die Reibung nicht sichtbar macht, so kann diese gewiss in den Versuchen am überlebenden Organe vernachlässigt werden.

Weil an den Wänden des Pfortaderbaumes die kreisförmigen Muskeln in einem nur mässigen Grade vertreten sind, so könnte der vollständige Mangel an Erscheinungen, die auf eine active Verengung der Lichtungen deuten, nicht auffallen. Dennoch fehlt es nicht an denselben. Dahin gehört zunächst die ungewöhnliche Blutleere der Leber unmittelbar nach dem Tode. Da sich aber an dieser auch die Capillaren und die Lebervenen betheiligen, so wird man ihre Entstehung aus der Elasticität des Parenchyms ableiten müssen. Eine andre aus der Verengung der Strombahn erklärbare Erscheinung ist die mit der Dauer des künstlichen Kreislaufes abnehmende Geschwindigkeit. Sie stellt sich jedoch so langsam ein, und ihre Ursache verschwindet während einer Strompause auch wieder so allmählig, dass man den verlangsamten Strom auch aus Schwellungen der Leberzellen oder aus einer Füllung der Lymphgefässe erklären konnte. — Eine besondere Stelle nehmen dagegen die Verlangsamungen des Stromes ein, die man nach der Durchleitung nicotinhaltigen Blutes — freilich nicht jedesmal — beobachtet. Ihre Deutung wird wesentlich von derjenigen abhängen, welche dereinst die Erweiterungen des Strombettes während der galvanischen Reizung, und des Durchflusses von Chloralhydrat und Cyankalium erfahren. Meine Versuche reichen nicht aus, um eine der möglichen Hypothesen zu begründen.

Dr. William Stirling, *Ueber die Summation elektrischer Hautreize.* Aus dem physiologischen Institute zu Leipzig. Vorgelegt von dem wirkl. Mitgliede *C. Ludwig.*

Mit 15 Holzschnitten.

In den älteren Arbeiten über die Reflexe blieb die Zeit völlig unbeachtet, die von dem Momente ab verfliesst, in welchem die Erregung den sensiblen Nerven trifft, bis zum Augenblicke des Beginnes der ausgelösten Bewegung.

Prochaska[1]) lässt die Nerven »die äusseren und inneren Eindrücke der Reize aufnehmen und sie mit einer elektrischen Geschwindigkeit zu ihrer Bestimmung leiten«.

Selbst *Joh. Müller*, welchem die Eigenheit des »persönlichen Fehlers« bereits bekannt war, führt den Zeitunterschied, welcher zwischen der Wahrnehmung eines Gesichteindruckes (mit Beobachtung eines hörbaren Pendelschlages) und dem Markiren desselben besteht, gleich *Bessel* darauf zurück, dass unser Bewusstsein nicht zweierlei Empfindung (durch Auge und Ohr) gleichzeitig bemerken kann. *Müller* fügt hinzu: »Die Zeit, in welcher eine Empfindung von den äusseren Theilen auf Gehirn und Rückenmark, und die Rückwirkung auf die äusseren Theile durch Zuckungen erfolgt, ist auch unendlich klein und unmessbar. Wenn man Frösche mit Opium oder Nux vomica vergiftet, so werden sie zuerst so ungeheuer sensibel, dass die geringste Berührung der Haut eine Zuckung am ganzen Rumpfe erregt. Hier erfolgt die Wirkung von der Haut zuerst auf das Rückenmark, und vom Rückenmark auf alle Muskeln. Dennoch ist es mir unmöglich gewesen, den geringsten Zeitunterschied zwischen der Berührung und den Zuckungen zu bemerken.«[2])

---

1) Physiologie des Menschen, 1810 Bd. I. S. 136.

2) *Joh. Müller*, Handbuch der Physiologie des Menschen 1843 Bd. I. S. 583.

In der fundamentalen Abhandlung von *Ed. Weber* betitelt: »Muskelbewegung«[1]) findet sich, meines Wissens, die erste Angabe über die Pause, welche zwischen Reiz und Reflexbewegung besteht. Er berichtet, dass bei dem geköpften Frosche, dessen einen Ischiadicus er isolirt durch den elektromagnetischen Rotationsapparat reizte, »die Bewegungen nicht, wie wenn man das Rückenmark und die Nerven unmittelbar reizt, in demselben Augenblicke eintraten, in dem der galvanische Strom begann, sondern, dass, ungeachtet der kräftigen Wirkung des Apparates, immer eine namhafte Zeit verging, ehe die Bewegungen erfolgten«.

Die ersten Messungen dieser Zeit »der latenten Reizung« verdanken wir *Helmholtz*.[2]) Die Uebertragungszeit von sensibler auf motorische Wurzel im Rückenmarke bestimmte er zu $^1/_{30}$ bis $^1/_{10}$ Sec. und darüber, also die 12fache Zeit von derjenigen, welche die Erregung zum Durchlaufen der sensiblen und motorischen Nerven gebraucht. Besonders lang ist die Dauer, wenn der Frosch, durch Strychnin vergiftet, eine grosse Reflexerregbarkeit besitzt.

S. Exner[3]) hat »die sensible Leitung des Rückenmarkes an Menschen derart gemessen«, dass er »die Zeit, welche erforderlich ist, um auf einen Sinneseindruck bewusster Weise zu reagiren« (Reactionszeit) zweimal bestimmte, indem er von der Versuchsperson mit der rechten Hand die Empfindung markiren liess, welche einmal durch den Schlag eines Extrastromes in den Fingern der linken Hand, ein anderes Mal in den Zehen des linken Fusses erregt worden war. Daraus berechnete er (die Geschwindigkeit der Leitung in den Nerven 62 Mtr. pro Sec. veranschlagt) die Schnelligkeit der Fortpflanzung im Rückenmarke auf 8 Mtr. in der Sec. Die motorische Rückenmarksleitung (Reactionszeit von Auge zu Hand beobachtet und mit der Reactionszeit von Auge zu Fuss verglichen) berechnete er zu 11—12 Mtr. in der Sec., mit einem mittleren Fehler (im ungünstigen Fall) von etwa 4 Mtr. »Die Reactionszeit nimmt zu bei der Ermüdung, nimmt ab bei wachsender Intensität des Reizes und in Folge von Uebung.«

Wundt[4]) hat gleichfalls constatirt, dass mit der Verstärkung der Ströme die Zeit der latenten Reizung sich vermin-

---

1) *Wagner's* Handwörterbuch der Physiologie Bd. III, Abth. II S. 19.

2) Berichte der K. Akademie der Wissenschaften zu Berlin 1854 S. 328.

3) Die experimentelle Untersuchung der einfachsten physiologischen Processe, *Pflüger's* Archiv 1873 Bd. VII S. 632 und 638.

4) Physiologische Psychologie Leipzig 1874. S. 262.

dert. Gleichzeitig bemerkt er (was auch *Volkmann* und *Weber* aus der blossen Beobachtung geschlossen hatten) dass die Curve der Reflexzuckung von viel längerer Dauer ist, als diejenige, welche durch directe Reizung veranlasst wird. Nach Vergiftung mit Strychnin ist auch die minimale Zuckung länger, als jede unter normalen Verhältnissen gewonnene: »Bei gesteigerter Giftwirkung geht sie sehr bald in eine tetanische Contraction über, sodass die Zeit der latenten Reizung auf mehr als das Doppelte ihrer gewöhnlichen Dauer vergrössert werden kann. Zugleich nehmen die Unterschiede in der Zeit der latenten Reizung bei starken und schwachen Reizen enorm zu.«

Rosenthal[1]) hat »die Reflexzeit« d. h. »die zur reflectorischen Uebertragung eines sensiblen Reizes auf einen motorischen Nerven nothwendige Zeit« bei Reizung (mit einfachen elektrischen Schlägen?) der unversehrten Haut oder blossgelegten Nerven von der Reizstärke abhängig gefunden; »sodass sie bei sehr starken Reizen unmerklich klein werden kann«. Er hat dabei von solchen Reizen, welche nicht das Maximum der Reflexwirkung geben ganz abgesehen. »Auch die Zeit der Querleitung — d. i. der Zeitunterschied zwischen der Reflexzeit von einer Hautstelle zu einem auf derselben Seite gelegenen Muskel und der Reflexzeit von der nämlichen Hautstelle zu dem anderseitigen Muskel — hat bei ausreichenden Reizen ein Maximum, welches bei übermaximalen Reizen kleiner und bei sehr starken ganz unmerklich werden kann.« Beide Latenzzeiten wachsen schliesslich mit der Ermüdung. »Die Reflexzeit ist für die vom Rückenmark entferntere Stelle grösser, als für die nähere. Der Unterschied wird bei stärkeren Reizen geringer.« — Auch *S. Exner*[2]) fand, dass, wie die Reactionszeit, so auch die Reflexzeit (Lidschluss nach elektrischer Corneareizung) bei stärkeren Reizen kleiner ist, als bei schwächeren (0,05—0,06 Secunden).

Schiff behauptet, dass »die Zeit, welche das Zustandekommen der Reflexbewegungen erfordert, um so länger ist, je mehr man durch quere Einschnitte in das Rückenmark (nur an einer Stelle der Rückenmarkslänge am Frosche versucht) die Dicke der grauen Substanz an einer der Stellen vermindert, welche zwischen dem gereizten und dem zu bewegenden Puncte liegen.«[3])

1) Berichte der Akad. der Wissenschaften zu Berlin 1873.
2) *Pflüger's* Archiv 1874 S. 531.
3) Lehrbuch der Physiologie Lahr 1858—59 S. 228.

Wenn mehrere Einzelreize den sensiblen Nerven mit einer gewissen Frequenz zugeführt werden, so summiren sich ihre Wirkungen auf die reflexvermittelnden Organe. Methodische Untersuchungen über diesen Punct haben bisher gefehlt. Von den vorhandenen Beobachtungen sind die von *Setschenow* gemachten die ausführlichsten. In seiner Monographie »Ueber die elektrische und chemische Reizung der sensiblen Rückenmarknerven des Frosches«[1]) giebt er als Resultat einer Beobachtungsreihe Folgendes an: »Den reflectorischen und locomotorischen Centren kommt in sehr hohem Grade die Fähigkeit zu, die ihnen zugetheilten einzelnen Stösse zu summiren.« (S. 25.) Das centrale Ende des Frosch-Ischiadicus wurde durch Schliessungen und Oeffnungen einer constanten Kette erregt. »Die Grenze der Summirung der Effecte einzelner Schläge in der Zeit (d. h. wie oft die Schläge einer gegebenen Stärke und Richtung auf einander folgen müssen, damit überhaupt eine Summirung ihrer Effecte stattfinde) liess sich an seinen Apparaten nicht genau bestimmen.« (S. 11.)

Er bediente sich zu diesen Versuchen solcher Frösche, denen nur die Grosshirnhemisphären abgetragen waren und bestimmte den Moment des Entfliehens, »weil dieses schärfer hervortrete, als das Zusammenfliessen einzelner Zuckungen in Bewegung der ganzen Extremität«. »Von den wenigen in dieser Richtung angestellten Versuchen mag folgender als extremer Fall gelten: Schwacher aufsteigender Strom, dessen einzelne Schliessungen und Oeffnungen den Frosch in Ruhe lassen. Der in die Kette als Stromunterbrecher eingeschaltete Metronom schlägt 26 Mal in 1 Minute, giebt also 13 Schliessungen und ebensoviel (zeitlich gleichvertheilte?) Oeffnungen in 1 Minute.«

»Bei der ersten Probe entfloh das Thier nach 22 Schlägen; bei der zweiten nach 28; bei der dritten nach 26; bei der vierten nach 32 Schlägen.«

Setschenow bemerkt selbst hierzu: »Uebrigens müssen diese Versuche weiter fortgesetzt werden.« — »Verstärkung des Stromes oder Vermehrung der Anzahl der Unterbrechungen lässt den Erfolg, unter anderen gleichen Bedingungen, natürlich rascher eintreten.« (S. 12.) Auch mittelst Inductionsschläge, deren einzelne

1) Graz, Universitäts-Buchhandlung 1868.

… wirksam sind, kann man bedeutende Effecte erhalten, wenn man den Wagner'schen Hammer spielen lässt.[1])

Eine ähnliche Steigerung der Wirkung mit der Stärke und Dauer des Reizes, wie sie somit von elektrischen Reizungen nachgewiesen worden ist, hat bei chemischen (verdünnter Schwefelsäure) schon Türck[2]) gezeigt, und *W. Baxt*[3]) methodisch verfolgt. Selbst 2 Minuten kann die latente Wirkung der sehr verdünnten Säure (von 0,0006 Gehalt) dauern. *Baxt* fand, dass die Wirkungszeiten (vom Eintauchen des Schenkels bis zur reflectorischen Hebung desselben) in einer geometrischen Progression zunehmen, während die Säuregrade nach einer arithmetischen Reihe fallen. (S. 86.) »Es hängt also die reizende Wirkung der Säure nicht blos von der Menge derselben, welche zum Nerven drängt ab, sondern auch von der Geschwindigkeit, mit welcher die Zuführung geschieht. Weil die Menge von Säure, welche zu dem Nerven drang, gleich dem Producte aus ihrer Dichtigkeit in die Diffusionszeit ist, und weil mit ihrer abnehmenden Dichtigkeit die zur Erzeugung der Zuckung nöthige Diffusionszeit rascher anwächst, als die Säure an Dichtigkeit abgenommen hat, so folgt hieraus, dass zur Erzeugung der Zuckung um so mehr Säure übergegangen sein muss, je langsamer sie eingedrungen ist.«

»Dieses Verhalten ist leicht erklärlich, wenn man annimmt, dass jedes an dem Nerven ankommende Säuretheilchen in diesem, nach Art eines momentanen Anstosses, z. B. eines Inductionsschlages einen periodischen Vorgang auslöst. Nach dieser Vorstellung wäre das was den Reiz bewirkte nicht die Zahl der im Nerven anwesenden, sondern der an ihn in der Zeiteinheit herandringenden Säurepartikeln, oder, anders ausgedrückt, es wäre nicht der bleibende, nach dem Zutritt der Säure vorhandene Zustand, der die Erregung bewirkte, sondern nur der Act der Zersetzung, oder überhaupt derjenige der Veränderung der Nervenmasse.« »Die Möglichkeit, Zuckungen erregend zu wirken, würde erst dann der Säure zukommen, wenn sich ihre Massen rascher folgten, als die Abläufe der nervösen Erregungen, so dass

1) S. 14. Vergl. auch *Fick*, *Pflüger's* Archiv 1873 Bd. III. S. 329, *Wundt*, l. c. S. 262.

2) Zeitschrift der Ges. d. Aerzte, Wien. 1850 Heft III.

3) Arbeiten aus der physiologischen Anstalt zu Leipzig, 1871.

jedes folgende die vom vorhergehenden Säuretheilchen eingeleitete Bewegung der Nervenmasse zu verstärken vermöchte.« [1])

Diese Anschauung mittelst analysirender elektrischer Reizversuche zu prüfen, forderte mich Herr Professor *Ludwig* auf, und ich kam dieser Einladung um so lieber nach, als Herr *Dr. H. Kronecker* mir seine Mithülfe bei der Arbeit gewährte.

Als Versuchsobject wählten wir rana esculenta. Dem Frosche wurde Hirn und Rückenmark bis unter die Abgangsstelle der Armgeflechte zerstört und, um Blutung zu vermeiden, der obere Theil des Wirbelcanales tamponirt. Das Thier wurde an dem sehr praktischen Stative von *Sanders-Ezn* [2]) aufgehängt, indem eine feste Klemme den Kopf hielt. Als Reizort wurde die Haut der einen Pfote gewählt. »Die Wirksamkeit der Reize, welche Reflexbewegungen hervorbringen, wird durch die peripherische Ausbreitung der Nerven modificirt und gesteigert.« Dies hob *Volkmann* schon 1838 [3]) hervor und zeigte in dem so überschriebenen Capitel, um wie viel empfindlicher die Haut ist, als die Nervenstämmchen es sind, welche lose von der Haut zu den Muskelbedeckungen verlaufen.

Setschenow hat auch, nach dem Vorgange von *Marianini* [4]) und *Pflüger* [5]), an den frei präparirten Frosch-Ischiadicus, nachdem er mit Schonung desselben die Schenkel möglichst hoch amputirt hatte, Elektroden angelegt. *Fick* (l. c. S. 326) wählte ebenfalls Reizung der Hautnervenstämmchen statt solcher der Haut, »weil man bestimmten centripetalen Nervenfasern ein bestimmtes Reizquantum zukommen lassen kann, was bei Anbringen des Reizes an der Haut, selbst wenn elektrische Ströme als Reiz dienen, nicht wohl möglich ist.« Er fand (gleich *Volkmann*), dass Reizung der Haut Wischbewegungen veranlasst, Reizung der Nervenstämmchen Zuckung, und dass »ausserordentlich starke Inductionsschläge dazu gehören, um vom Stamme des nervus ischiadicus aus überhaupt Reflexe zu erhalten, während doch, auf die Haut angebracht, bekanntlich oft schon ein äusserst schwacher Reiz sehr energische Bewegungen hervorruft« (S. 328.) Dessen

1) *W. Baxt.* l. c. S. 87.

2) Arbeit. aus d. physiol. Anstalt zu Leipzig. 1867 S. 16.

3) *Müller's* Archiv S. 25.

4) s. *E. du Bois-Reymond's* Untersuchungen über thierische Elektricität Bd. I. 1848 S. 359.

5) Ueber die elektrischen Empfindungen. Untersuch. aus dem physiol. Laborat. zu Bonn. Berlin. 1865 S. 155.

ungeachtet wendete er keine Hautreize an. *Rosenthal* (l. c.) scheint auch Hautstellen elektrisch gereizt zu haben. Seine vorläufigen Mittheilungen geben jedoch keinerlei Methode an. *Wundt* spricht am angeführten Orte nur von Reizung des centralen Stumpfes einer sensiblen Nervenwurzel (S. 261).

Meihuizen [1]) verwirft die Haut als Applicationsort der Reize, weil »die Zuckungen durch directe Muskelreizung es natürlich unmöglich machen, zur elektrischen Reizung einfach die Haut einer Extremität ohne weitere Vorbereitung zu benutzen«. Ein losgelöster Hautlappen sei unbrauchbar, weil er nicht lange normal reizbar bleibe. —

Wir haben die Hautreizung von allen den gerügten Mängeln zu befreien gesucht, und haben gefunden, dass bei unserer Reizmethode die erhaltenen Resultate keineswegs weniger präcis waren, als die durch Elektrisirung von Nervenstämmen gewonnenen. Freilich muss man dafür sorgen, dass die Haut stets mit Flusswasser gut befeuchtet bleibt, und die Elektroden anliegen, ohne mechanisch zu reizen und ohne den Ort zu wechseln. Weil wir wünschten, die Haut im Vollbesitze ihrer Empfindlichkeit zu erhalten, so fixirten wir keinen noch central innervirten Körpertheil, und vermieden es auch, die Achillessehne herauszulösen und den gut traitablen gastrocnemius als Reactionsmuskel schreiben zu lassen. Unsere Experimentalmethode haben wir im Laufe unserer sehr zahlreichen Versuche einigemale modificirt, was am betreffenden Orte erwähnt werden wird.

Die am meisten angewendete und bewährte Versuchsanordnung aber ist durch beifolgendes Schema, Fig. 1. veranschaulicht.

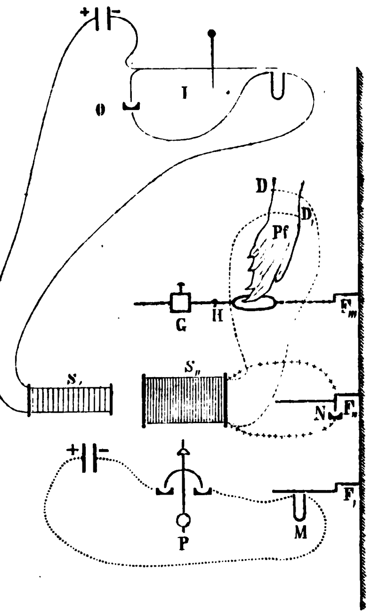
Es zeichnen auf das in horizontaler Richtung und mit gleichmässiger Geschwindigkeit vorübergerollte unendliche Papier eines Kymographions 3 Federn *F*, *F'*, *F''*, übereinander, mittelst Anilinblau, solange sie in Ruhe sind, horizontale, parallele, gerade Linien. Die unterste Feder *F* wird mit Hülfe eines Elektromagnetes *M* um einige Mm. nach unten gezogen, solange das Secundenpendel *P* am Ende jeder Schwingung durch einen Metallbügel den Schluss des Zeit-markirenden Stromkreises (. . . . . .) herstellt.

Die mittlere Feder *F'* ist an einem Nebenschlüssel *N* befestigt, welcher in die (+ + + + +) Bahn der inducirten Ströme

1) *Pflüger's* Archiv f. Physiol. 1873, Bd. VII S. 202.

eingeschaltet ist. Solange der Schlüssel niedergedrückt wird, und die Feder F' auf tiefem Stande hält, leitet er die Ströme vom Präparate ab, welches daher so lange gereizt wird, als die Linie von F' hoch verläuft.

Fig. 1.



Die oberste Feder F''' steigt, durch das Gegengewicht G gedrückt, empor, sobald die Froschpfote von einem in der *Baxt*'schen Arbeit beschriebenen Teller, welcher an den Hebel H befestigt ist, sich abhebt.

Die elektrischen Reize, welche den Schenkel zur reflectorischen Bewegung veranlassen, werden der Haut des Fusses durch zwei Schlingen DD' von feinem Golddrahte zugeführt, welche etwa 5 Mm. von einander entfernt das Fussgelenk umschliessen, ohne die Haut zu schnüren. Jede Schlinge wird nämlich von einem kleinen Gummistücke sanft zusammengehalten. Durch dieses war zuvor ein feines Loch gestochen, das im gedehnten Gummi weit genug ist, um bequem die beiden Goldfaden-Enden einer Schlinge hindurchführen zu lassen. Zusammengeschrumpft klemmen die Gummistückchen die Drahtschlingen mässig fest, so dass sie starkem Zuge nachgeben können. Die Drähte verlaufen, durch übergeklebtes Kautschukpapier gut isolirt, zu den Polen der secundären Spirale S'' eines *du Bois-Reymond*'schen Schlitteninductorium, welches nach Stromeinheiten graduirt ist.[1] Ein Metronom oder ein *Ruhmkorff*'scher Interruptor I unterbricht und schliesst bei dem Quecksilbercontacte O in den gewünschten grösseren oder kleineren Intervallen den durch 2 *Grove*'sche Elemente unterhaltenen Strom der pri-

1) *Fick's* Untersuchungen aus d. physiol. Labor. d. Züricher Hochschule Wien 1869. S. 38.

mären Spirale *S'*. Die Drähte *l* und *m* (Fig. 2.) leiten den primären Strom zu und von dem in seinen wesentlichen Theilen hier abgebildeten Interruptor. Der Stromwender bei *n* ermöglicht Schluss und Oeffnung des Stromes (während der Schlüssel *k* für diese Anordnung nicht gebraucht wurde). Der Querbalken *g* schickt einen Platinstift bis zum Quecksilbercontacte *o*, aus welchem jener herausgehoben wird, wenn der Anker *p* von dem durchströmten Elektromagneten *i* angezogen wird. Der gelöste Contact unterbricht den Strom, macht den Elektromagneten unwirksam, der Balken federt zurück. So wird das Pendeln eingeleitet und unterhalten, wie beim *Wagner*'schen Hammer des Schlitteninductorium. Das Schiebegewicht *h* am Eisenstengel, der auf dem Balken sitzt, gestattet, die ganze Schwingungsdauer des pendelnden Systems zwischen den Grenzen von $^3/_2$"—$^1/_5$" zu verändern; das heb- und senkbare Näpfchen *o* ermöglichte, den Contact so zu reguliren, dass er gerade nur in der Ruhestellung des Pendels bestand, also 1 Oeffnungsinductionsstrom ausgelöst wurde, sobald der Magnet in Thätigkeit kam. Nach $^2/_4$ Schwingungen wurde somit der Contact wieder hergestellt (Schliessungschlag), nach wiederum $^2/_4$ Schwingungen (während der Stiel im Quecksilber ab- und auftauchte) 1 Oeffnungsschlag u. s. w.: also in gleichen Intervallen einer halben Schwingungsdauer abwechselnd je 1 Oeffnungs- und je 1 Schliessungsschlag. Indem man durch den pendelnden Balken eine gute, nach Bedarf veränderliche Nebenschliessung zum primären Strome herstellen und aufheben lässt (analog der *Helmholtz*'schen Vorrichtung an den Inductionsapparaten), kann man den entgegengesetzt gerichteten Inductionsströmen ziemlich gleiche Intensität geben. Der Oeffnungsfunken fällt jedoch niemals ganz fort.

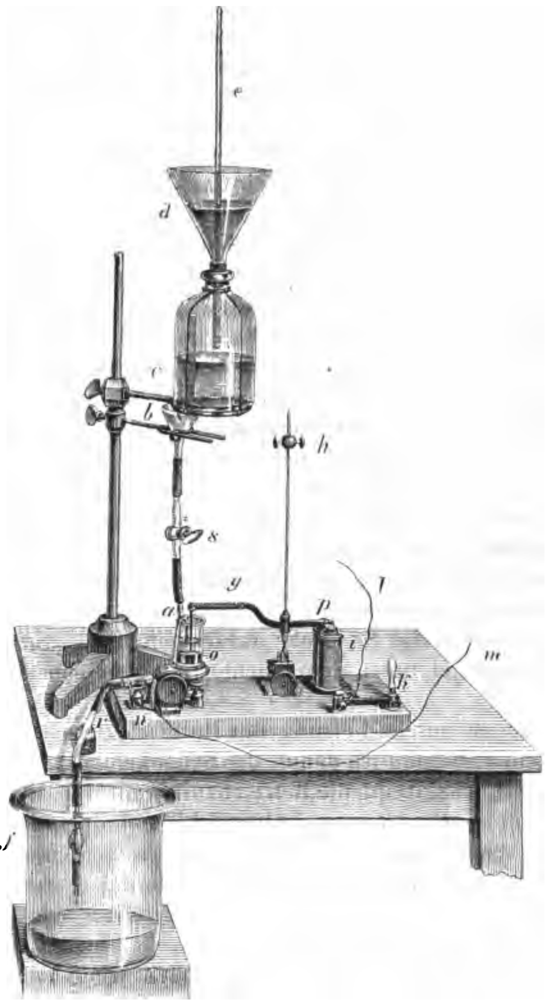
Der Spülapparat. (Fig. 2.)

Dieser Apparat hat die Aufgabe, den Quecksilbercontact (*O* in Fig. 1, *o* in Fig. 2) von den isolirenden Theilchen zu reinigen, welche durch die unvermeidlichen Funken an der Unterbrechungsstelle der primären Stromleitung gebildet werden, und die constante Vollkommenheit des Widerstandes, somit auch der Stromintensität beeinträchtigen.

Die Alkoholschicht, welche nach *Poggendorff's* Vorschrift[1]) über dem Quecksilber steht, um den Unterbrechungsfunken zu

1) Annalen Bd. 94, S. 389.

Fig. 2.



schwächen, wird beständig durch zerstäubtes und oxydirtes Quecksilber verunreinigt, muss also continuirlich erneut werden. Dies besorgt ein, durch den Glashahn *s* regulirter, dünner Strahl, welcher aus dem mit verwässertem Alkohol gefüllten, kleinen

Trichter *b* durch das angesetzte Rohr *a* in das Contactgefäss rinnt. Der Abfluss durch das Heberrohr *r* in das Glas *f* wird so geregelt, dass der fliessende Alkohol ein Niveau von etwa 1 Centimeter Höhe über dem Quecksilber behält. Damit der kleine Trichter, stets gefüllt, den Fluss gleich stark erhalte, ist eine Mariotte'sche Flasche darüber gesetzt. Durch den Boden derselben ist ein 5 Mm. weites Glasröhrchen wasserdicht gesteckt, so dass es etwa 2 Ctm. lang in den Trichter hineinragt. Im Röhrchen ist ein ausgezogenes Glasstäbchen als conisches Ventil beweglich. Das spitze Ende desselben ragt unten etwas über das Röhrchen heraus, so dass es von der Wand des Trichters gehoben wird, sobald man die Flasche auf denselben stellt. Ein fast 1 Ctm. weites Steigrohr *b* stopft ein zweites Loch im Boden der Flasche und endigt mit schräg abgeschnittener Mündung etwa 1 Ctm. unter dem Flaschenboden, während das obere Ende in den Luftraum der Mariotteschen Flasche reicht. Ist diese gefüllt, und dicht über dem Trichter *b* vom Stativhalter festgehalten, so rinnt deren Inhalt so lange in den Trichter, bis die Steigrohrmündung durch das Flüssigkeitsniveau gesperrt ist. Dann wird durch den Druck der äusseren Luft, welche sich mit der im Flaschenraume enthaltenen nicht ausgleichen kann, die Flüssigkeit verhindert, durch das Ventilröhrchen auszutreten, bis das Niveau, zum Sinken gebracht, Luftblasen durch das Steigrohr aufdringen lässt. So wird der Flüssigkeitsspiegel unter dem Trichterrande in constanter Höhe erhalten.

Um die chemische Reizung mit Hülfe elektrischer Erregung nachzuahmen, begann ich damit, der Schenkelhaut des geköpften Frosches möglichst frequente Reize zuzuführen. Der *Wagner*'sche Hammer am *du-Bois-Reymond*'schen Schlitteninductorium, später eine *König*'sche Stimmgabel von 100 ganzen Schwingungen pro Secunde besorgte die häufigen Unterbrechungen des primären Stromkreises.

Minimale Reize wirkten schon nach sehr kurzer Zeit latenter Reizung, und verloren bald ihre Wirksamkeit, wenn nicht mindestens $^1/_2$ Minute Ruhe zwischen den einzelnen Reizperioden gegeben wurde. Verstärkte Ströme lösten nach sehr kurzer Latenz Reflexzuckungen aus. Wurden aber solche Entladungen öfter, in Pausen von 5—10 Secunden hervorgerufen, so wuchsen die Zeiten der latenten Reizung bis zu 3 oder ausnahmsweise 5 Secunden. Gleichzeitig wurden die Reflexzuckungen schwächer. Die Dauer

der Latenz konnte durch Verstärkung der frequenten Reize nicht wesentlich gemindert werden. Wenn unwirksame Reize schnell verstärkt wurden, so traten die Reflexe bei einer Stromintensität auf, welche machtlos blieb, wenn die Ströme allmählich bis zu demselben Grade gesteigert worden waren. Die von uns häufig geprüfte Beobachtung, dass die von frequenten Reizen ausgelöste reflectorische Minimalzuckung nach kurzer Latenzzeit eintritt, und dass verstärkte Reize die Latenzdauer nicht wesentlich abzukürzen im Stande sind, deuten darauf hin, dass die grossen Differenzen in der Dauer latenter Reizung des in Säure getauchten Schenkels nicht verursacht sind durch wechselnde Intensität von Anstössen gleicher hoher Frequenz. Wir suchten daher den Einfluss veränderter Reizfrequenz zu beobachten. Langsame Vibrationen (etwa 40 pro Secunde) des *Wagner*'schen Hammers schienen einigemal den Schenkel erst nach etwas längerer Latenz zur reflectorischen Erhebung zu veranlassen, als die schnell folgenden Schläge bei hochtönender Feder. Jedoch war dieser Erfolg höchst zweifelhaft und vielleicht durch Unregelmässigkeiten im Contacte bedingt. Auch bemerkte ich keinen grossen Unterschied in der Latenz, ob die Reize stark oder schwach waren, als ich dem Schenkel 48 Inductionsschläge in der Secunde gab. Nur die Zuckungsgrösse wuchs mit der Stromstärke, die Latenzzeit aber erst, als die Ermüdung sich bemerklich machte, indem diese für gleich starke Reize die Latenzdauer steigerte. Diese Beobachtung möge durch folgende Beispiele erläutert werden. Im Anfange der entsprechenden Versuche wurden seltener folgende Reize verschiedener Intensität verglichen. Bei solchen zeigte sich die Latenz wesentlich verlängert, wenn die Stromstärken gemindert wurden.

Die verschiedenen Zuckungshöhen sind zu kürzerer tabellarischer Bezeichnung in 4 Grade eingetheilt, der Art, dass Grad I Hebung der Pfote allein bedeutet, Grad II Beugung des Unterschenkels im Kniegelenke, Grad III Beugung des Oberschenkels nebst Unterschenkels (im Knie- und Hüftgelenk), Grad IV heftiger wiederholter Krampfanfall einer oder beider unteren Extremitäten.

Eine 0 unter der Rubrik »Zuckungsgrad« besagt, dass in der betreffenden Reizperiode überhaupt kein Reflex zu Stande gekommen ist. Das Zeichen ∞ unter der Rubrik »Latenzzeit« zeigt gleichfalls an, dass die erwartete Zuckung ganz ausgeblieben ist.

Tabelle I zeigt, wie bei kleinem Reizintervalle die Zeiten latenter Reizung von den Reizstärken unabhängig sind.

Ruhepausen zwischen den Reizperioden.	Reiz: Intervall.	Reiz: Stärken in Einheiten.	Latenzzeit in Secunden.
30 Secunden	1/8″	200 *E*	0,3″
»	»	150 »	0,4″
»	»	100 »	4,4″
»	»	125 »	1,5″
1 Minute	»	125 »	2,3″
30 Secunden	»	125 »	2,0″
»	»	150 »	1,5″
»	»	175 »	1,0″
»	»	200 »	1,0″
»	»	150 »	2,0″
»	1/50″	150 »	1,2″
»	»	100 »	∞
2 Minuten	»	125 »	1,2″
30 Secunden	»	125 »	1,6″
»	»	125 »	1,3″
»	»	150 »	1,5″
»	»	175 »	1,0″
»	»	150 »	1,4″
»	»	175 »	1,3″
»	»	150 »	1,3″
»	»	175 »	1,5″
»	»	200 »	1,5″
»	»	200 »	∞

Tabelle II zeigt, wie bei kleinem Reizintervalle die Zeiten latenter Reizung von den Reizstärken unabhängig sind, die Zuckungsgrössen aber mit diesen wechseln.

Ruhepausen zwischen den Reizperioden.	Reiz: Intervall.	Reiz: Stärken.	Latenzzeit in Secunden.	Zuckungsgrad.
30 Secunden	1/4″	50 *E*	0,14	I (nach 0,5″ III)
»	»	25 »	0,5	I (nach 1,0″ III)
»	»	20 »	0,5	I (nach 2,0″ III)
»	»	15 »	1,3	I (nach 2,5″ III)
»	»	10 »	2,0	I (nach 3,0″ III)
10 Minuten	1/48″	10 «	0,5	II
30 Secunden	»	30 »	0,3	II
»	»	40 »	0,3	I
»	»	40 »	0,3	II
»	»	37 »	0,3	I
»	»	70 »	0,3	III
»	»	60 »	0,3	II
»	»	55 »	0,3	I

Ruhepausen zwischen den Reizperioden.	Reiz: Intervall.	Stärken in Einheiten.	Latenzzeit in Secunden.	Zuckungsgrad.
30 Secunden	1/48″ Int.	45 E	0,4″	minimal
»	»	45 »		0
»	»	50 »		0
»	»	55 »	0,5″	I
»	»	60 »	0,5″	I
»	»	65 »	0,7″	I
»	»	70 »	0,7″	I
»	»	80 »	1,0″	I
»	»	90 »		0
»	»	100 »	1,0″	I
»	»	125 »		0

Diese Beispiele sind derart ausgewählt, dass in dem einen Falle die Latenzzeiten, trotz verhältnissmässig starker und häufiger Reize bald gross werden, in dem anderen Falle nur bei langen Intervallen schwacher Reize sich bedeutend verlängern, bei schneller Schlagfolge aber, bis das Präparat dem Absterben nahe ist, kleine Werthe behalten. In beiden Reihen ist keine Abhängigkeit der Latenzzeiten von der Intensität frequenter Erregungen zu bemerken. Die Reize müssen allmählich verstärkt werden, um überhaupt Effect zu haben, und auch allgemach länger einwirken, bevor sie eine Zuckung auslösen. Schon ehe die latente Reizdauer 2 Secunden erreicht hat, ist aber gewöhnlich die Erregbarkeit gänzlich erloschen. Die Zuckungen werden zugleich klein d. h. es wird nur noch die Pfote schwach gehoben. Dies stimmt mit den Beobachtungen von *Volkmann*[1]) »dass die Ausdehnung der Reflexbewegungen vorzüglich von der Stärke der Reize und von dem Grade der Reizbarkeit abhängig sei«.

Die erwähnte Verschiedenheit der Reizbarkeit bei verschiedenen Fröschen bewog uns nachzuforschen, ob vielleicht die Erregbarkeit des Rückenmarks mit allgemeinen Lebensbedingungen der Thiere wechseln. Eingedenk der von *Leube*[2]) unter *Rosenthal's* Leitung gemachten und von *Uspensky*[3]) erweiterten Entdeckung: dass »Apnoe« (durch starke, künstliche Respiration hervorgerufen) die Reflexübertragung im Rückenmark aufhält,

1) Müllers Archiv für Anat. und Physiol. 1838, S. 23.
2) *Reichert's* und *du Bois-Reymond's* Archiv f. Anat. und Physiol. 1867.
3) *Reichert* und *du Bois-Reymond's* Archiv 1868.

versuchten wir, durch reichliche Ventilation der Lungen die reflectorischen Vorgänge zu beeinflussen. Obwohl bei Fröschen wegen der beträchtlichen Hautathmung der Effect künstlicher Lufteinblasungen in die Lunge geringer zu erwarten war, als bei Säugethieren, so konnte doch auch ein kleiner Erfolg, bei der empfindlichen Methode der feinen Reizabstufung und der Bestimmung latenter Reizdauer, sich geltend machen. Es wurde daher in einer längeren Reihe von Versuchen den präparirten Fröschen eine Glascanüle durch die Stimmritze in die Trachea eingeführt und das Lungenpaar mittelst intermittirenden nach Bedürfniss abgestuften Luftstromes rhythmisch aufgeblasen. In den Intervallen, während welcher der vermittelst einer Wassersäule constant gehaltene Inspirationsdruck durch den *Bowditch*'schen elektromagnetischen Hahn[1]) abgesperrt wurde, konnten die ausgedehnten Lungen ihren Inhalt durch die *Rosenthal*'sche Seitenöffnung im Respirationsrohre austreiben. Viele vergleichende Versuche haben uns die Ueberzeugung verschafft, dass künstliche Athmung verschiedener Tiefe und Frequenz keinen Einfluss auf die Reflexerregbarkeit der Frösche ausübt. Hingegen schienen die meisten ausdauernden Präparate im Anfange der Versuche (welche meist $^1/_4$ bis $^1/_2$ Stunde nach der Rückenmarksdurchschneidung begonnen werden) etwas an Reizbarkeit zuzunehmen; auch war in manchen Fällen an frischen (Winter-) Präparaten deutlich zu bemerken, dass schwache Reize nach starken wirksamer waren als zuvor: also Modificationen der Erregbarkeit veranlassen, wie sie an motorischen Nerven *Wundt*[2]), *Türck*[3]) und *W. Baxt*[4]) an Reflexpräparaten bei chemischen Reizen beobachtet haben. Im Allgemeinen sinkt die Reizbarkeit mit der Zeit, aber sehr verschieden schnell, je nach der Individualität der unter gleichen äusseren Bedingungen gehaltenen Präparate. So konnten Frösche mit durchtrenntem Rückenmarke, welche nur wenige Probereize empfangen hatten, nach $^1/_2$ Stunde schon todt sein, andere 30 Stunden nach der Präparation Erregbarkeit höchsten Grades bewahrt haben. Manche Präparate sind so ausserordentlich empfindlich, dass sie, auch nachdem das Hirn zerstört ist, nachdem das Rückenmark unterhalb der Armnerven-Wurzeln quer-

1) Arbeiten aus der physiologischen Anstalt zu Leipzig 1871, S. 144.
2) *Wundt* in *Reichert's* und *du Bois-Reymond's* Archiv 1859, S. 537.
3) Sitzungsberichte der Gesellschaft der Aerzte zu Wien. 1850, November.
4) l. c. S. 74.

durchschnitten und mittelst passend geformten glühenden Eisenblechs durchbrannt war hin und wieder scheinbar spontane Bewegungen ausführen, während sie aufgehängt sind. Es reagirt ein solcher Reflexfrosch dann auch schon auf schwache elektrische Reize. Zuweilen geschieht es auch, dass, sogleich nachdem eine Reihe unwirksamer Reize abgebrochen worden ist, heftige Bewegungen erfolgen. Diese verdanken wohl dem Zusammentreffen von Erregungen, welche dem Experiment fremd sind mit der letzten elektrischen ihren Ursprung. Eine solche Summation zweier qualitativ verschiedener Reize (z. B. elektrischer und mechanischer oder chemischer) kann man ja auch künstlich herbeiführen, und damit die, einzeln unterminimalen, Reize fähig machen, reflectorische Bewegungen auszulösen.

Solche Anomalien der Erregbarkeit störten glücklicherweise nicht zu häufig die Versuche. Die Regel ist, dass die Schenkel mit dem Rückenmarksstücke, von welchem sie innervirt werden, bewegungslos hängen, bis ein beabsichtigter Reiz hinreichender Stärke sie trifft. Je öfters sie gereizt worden sind, desto stärkere Anstösse bedürfen sie, um in reflectorische Bewegung zu gerathen. Je kleinere Ruhepausen ihnen zwischen den Reizperioden gelassen werden, desto schneller büssen sie ihre Erergbarkeit ein. Diese kann ziemlich lange constant erhalten werden, besonders wenn man den Ruhepausen eine Dauer von 3 bis 10 Minuten giebt.

Lange Ruhezeiten führen aber den Uebelstand mit sich, dass die Dauer einer Experimentalreihe sehr lang wird und häufig das schnell zunehmende Absterben nicht erlaubt, die späten Glieder der Reihe mit den ersten zu vergleichen. Daher fanden wir es nützlich, in den meisten Fällen eine mittlere Pause von etwa $^1/_2$ Minute bis 3 Minuten Dauer zwischen die Beobachtungen einzuschieben, und nur in einzelnen Fällen, nach sehr ermüdenden Reizperioden längere Ruhe zu geben. Es schreitet dann die Ermüdung in sehr langsamer Weise vor, und ihr Effect ist leicht von dem anderer Versuchsbedingungen zu unterscheiden.

Nachdem wir in den ersten Versuchen gefunden hatten, dass bei s c h n e l l e r Reizfolge mit der Intensität der Reize wohl die Stärke der Reflexe, aber nicht wesentlich die Latenzzeit sich ändert, prüften wir bei m ä s s i g e r Reizfrequenz den Einfluss wechselnder Stromstärke. Vermittelst des auf Figur 2 mit abgebildeten *Ruhmkorff*'schen Interruptors liessen wir den primären Stromkreis des Schlitteninductorium in Intervallen von $^1/_2$"—$^1/_{10}$"

schliessen und öffnen, oder mit Hülfe einer vibrirenden Klinge schnellere Unterbrechungen besorgen. Bei Anwendung mässiger Reizintervalle ($^1/_2''$—$^1/_{15}''$) minderte sich die Dauer der verlängerten latenten Reizung, wenn die untermaximale Reizintensität gesteigert wurde.

Die folgende in extenso mitgetheilte Tabelle eines längeren Versuches wird genügen, um zu zeigen, wie mit der Stromintensität die Zeiten der latenten Reizung wechseln.

Da sich das Gesetz, welches die Abhängigkeit der beiden genannten Grössen von einander angiebt, nicht präcis formuliren lässt, die Richtung der Aenderung aber und die ungefähre Grösse derselben in verschiedenen Ermüdungsstadien leicht nachgeprüft werden können, so will ich nicht durch Wiedergabe mehrerer Versuchsreihen den Raum verschwenden, zumal später anzuführende Experimente auch das erwähnte Resultat implicite bestätigen werden. Doch will ich nicht unterlassen, einzugestehen, dass unter meinen ersten Versuchstabellen sich auch solche finden, in denen, bei unveränderter Stromstärke, die Zeiten der latenten Reizung innerhalb weiter Grenzen variiren. Wegen solcher grober Unregelmässigkeiten, welche bei nicht genau gleichmässigen Stromschlüssen, zumal geringer Frequenz, aus später zu erörternden Ursachen, leicht auftreten können, ist es nothwendig, stets mehrfach die Angaben des Versuches durch Wiederholung zu prüfen: wie es auch in dem folgenden Beispiele geschehen ist.

Was von den ersten Hälften der früher wiedergegebenen Tabellen schon beiläufig bemerkt worden ist, stellt sich bei dieser Tabelle sehr deutlich heraus: dass die Latenzzeiten abnehmen, während die Reizstärken wachsen. Um die Verhältnisse zwischen den Reizzuwachsen und den Zeiten latenter Reizung klarer darzulegen, habe ich die Quotienten je zweier benachbarter Stromintensitäten und die Quotienten von je zwei unmittelbar auf einander folgenden Latenzzeiten berechnet und deren Werthe zwischen die Zeiten der zwei zugehörigen Grunddaten gesetzt. Vergleicht man jetzt die Verhältnisse der Reizstärken mit den reciproken Verhältnisszahlen der Latenzzeiten gleicher Höhe, so bemerkt man, dass im Allgemeinen gleichen benachbarten Reizwerthen auch ziemlich gleiche Latenzgrössen entsprechen. In einigen Fällen wird man Abweichungen finden, die aber nur dann beträchtlich werden, wenn das Reiztempo gewechselt wird; ein Umstand den wir in der Folge betrachten werden. Die zu-

weilen merkliche Inconstanz der Resultate wolle man nicht allein meinen Versuchsmethoden zur Last legen, die freilich gewiss noch mancher Verbesserung bedürftig sind, sondern auch der Wandelbarkeit der nervösen Gebilde. Auch die motorischen Nervenstämme, mit den vollkommensten Methoden untersucht, lösen ja, durch elektrische Ströme gleicher, geringer Intensität gereizt, im zugehörigen Muskel keineswegs immer Contractionen genau gleicher Höhe aus.

Tabelle III zeigt die Abhängigkeit der Zeiten latenter Reizung und der Zuckungsgrössen von der Intensität der in mässigen Intervallen reizenden Ströme.

Laufende Nummer der Versuche.	Reiz: Intervall.	Reiz: Stärke in Einheiten.	Verhältnisse der Reizstärken.	Verhältnisse der Latenzzeiten.	Latenzzeit in Secunden.	Zuckungsgrad.
1	$\frac{1}{11}''$ ($\frac{1}{22}''$)	100			1,0	II
			1,0 : 1	1 : 1,0		
2		100			1,0	II
			1,0 : 1	1 : 1,0		
3		100			1,0	III
			1,25 : 1	1 : 1,8		
4		80			1,8	I
			1,0 : 1	1 : 1,11		
5		80			2,0	I
			1 : 1,12	1,66 : 1		
6		90			1,2	II
			1 : 1,11	1,09 : 1		
7		100			1,1	II
			1 : 1,25	1,1 : 1		
8		125			1,0	II
			1,39 : 1	1 : 1,2		
9		90			1,2	I
			1,12 : 1	1 : 1,17		
10		80			1,4	I
			1,14 : 1	1,08 : 1		
11		70			1,3	I
			1,16 : 1			
12		60				0
			1 : 1,16			
13		70			1,8	I
			1,0 : 1	1 : 1,05		
14		70			1,9	I
			1 : 1,14	1,27 : 1		
15		80			1,5	I
			1 : 1,12	1 : 1,0		
16		90			1,5	I

Laufende Nummer der Versuche.	Reiz: Intervall.	Reiz: Stärke in Einheiten.	Verhältnisse der Reizstärken.	Verhältnisse der Latenzzeiten.	Latenzzeit in Secunden.	Zuckungsgrad.
	1/11″ (1/22″)		1 : 1,11	1,25 : 1		
17		100			1,2	II
			1 : 1,25	1,7 : 1		
18		125			0,7	IV
			1,25 1	1 : 1,7		
19		100			1,2	IV
			1 : 1,25	1,5 : 1		
20		125			0,8	III
			1,25 : 1	1 : 2,12		
21		100			1,7	II
			1 : 1,0	1,42 : 1		
22	1/15″ (1/30″)	100			1,2	I
			1 : 1,25	1,5 : 1		
23		125			0,8	I
			1 : 1,20	2,66 : 1		
24		150			0,3	III
			1,20 : 1	1 : 2,66		
25		125			0,8	II
			1 : 1,0	1,0 : 1		
26		125			0,8	II
			1 : 1,20	1,14 : 1		
27		150			0,7	I
			1,20 : 1	1 : 1,14		
28		125			0,8	I
			1 : 1,20	1,14 : 1		
29		150			0,7	II
			1,0 : 1	1 : 1,28		
30	1/11″ (1/22″)	150			0,9	II
			1 20 : 1	1 : 1,0		
31		125			0,9	I
			1 : 1,20	1 : 1,22		
32		150			1,1	II
			1,20 : 1	1 : 1,09		
33		125			1,2	I
			1 : 1,20	1,2 : 1		
34	1/15″ (1/30″)	150			1,0	I
			1,20 : 1	1 : 1,7		
35		125			1,7	I
			1 : 1,20	2,12 : 1		
36		150			0,8	II
			1 : 1,17	3,12 : 1		
37		175			0,25	III(?)
			1,17 : 1	1 : 3,12		
38		150			0,8	II
			1 : 1,17	3,12 : 1		
39	2 M. Ruhe	175			0,25	III
			1,17 : 1	1 : 5,0		
40		150			1,25	I
			1 : 1,17	5,0 : 1		

Laufende Nummer der Versuche.	Reiz: Intervall.	Stärke in Einheiten.	Verhältnisse der Reizstärken.	Latenzzeiten.	Latenzzeit in Secunden.	Zuckungsgrad.
41	$\frac{1}{15}''$ ($\frac{1}{30}''$)	175				
			1,17 : 1	1 : 5,0	0,25	III
42		150				
			1 : 1,17	5,0 : 1	1,25	I
43		175				
			1,17 : 1	1 : 6,8	0,25	III
44		150				
			1,0 : 1	1,18 : 1	1,7	I
45		150				
			1 : 1,07	5,0 : 1	1,5	I
46		160				
			1 : 1,09	1,5 : 1	0,3	III
47		175				
			1,09 : 1	1 : 1,5	0,2	III
48		160				
			1 : 1,09	1,5 : 1	0,3	III
49		175				
			1,09 : 1	1 : 2,0	0,2	III
50		160				
			1 : 1,0	1,33 : 1	0,4	II
51		160				
			1 : 1,09	1,5 : 1	0,3	II
52		175				
			1,09 : 1	1 : 1,25	0,2	II
53		160				
			1 : 1,0	1 : 1,2	0,25	II
54		160				
			1 : 1,09	1,5 : 1	0,3	II
55		175				
			1,09 : 1	1 : 2,0	0,2	II
56		160				
			1 : 1,09	2,0 : 1	0,4	II
57		175				
			1,09 : 1	1 : 1,5	0,2	II
58		160				
			1 : 1,09	1,5 : 1	0,3	II
59		175				
			1,09 : 1	1 : 3,5		
60		160			0,2	II
			1 : 1,09	2,33 : 1		
61		175			0,7	II
			1,09 : 1	1 : 2,33		
62		160			0,3	II
			1 : 1,09	2,33 : 1		
63		175			0,7	I
			1,09 : 1	1 : 2,33		
64		160			0,3	II
			1 : 1,09	2,33 : 1		
65		175			0,7	II

Laufende Nummer der Versuche.	Reiz: Intervall.	Stärke in Einheiten.	Verhältnisse der Reizstärken.	Latenzzeiten.	Latenzzeit in Secunden.	Zuckungsgrad.
	$\frac{1}{15}''$ ($\frac{1}{30}''$)		1,09 : 1	1 : 3,33	0,3	II
66		160				
			1 : 1,09	4,0 : 1	1,0	II
67		175				
			1,09 : 1	1 : 2,8	0,25	II
68		160				
			1 : 1,09	3,5 : 1	0,7	II
69		175				
			1,09 : 1	1 : 2,0	0,2	II
70		160				
			1 : 1,09	2,0 : 1	0,4	II
71		175				
			1,09 : 1	1 : 4,0	0,2	II
72		160				
			1 : 1,09	3,2 : 1	0,8	I
73		175				
			1,09 : 1	1 : 3,2	0,25	II
74		160				
			1 : 1,0		0,8	II
75		160				0
			1 : 1,09			
76		175			0,2	II
			1,09 : 1	1 : 6,0		
77		160			1,2	II
			1 : 1,0	1,09 : 1		
78		160			1,1	II

Schluss des Versuches.

Zwischen je 2 Beobachtungen war, wo nichts Anderes bemerkt ist, immer $^1/_2$ Minute Ruhepause eingeschoben.

Trotz der erwähnten Unregelmässigkeiten bei gleichen Verhältnissen, denen natürlich auch solche bei ungleichen entsprechen, kann man doch auch wieder das schon erwähnte Factum beobachten, dass nach einigen Reizperioden die Erregbarkeit etwas steigt, so dass 80 Einheiten erst 1,8—2,0" danach 1,4—1,5 wirken müssen, bevor sie Reflexe auslösen; und dass 70 E den Effect erreichen, welchen zuvor 80 E hatten. Bald aber nehmen die Zeiten latenter Reizung wieder zu, so dass der Reizstärke 150 E, welcher anfänglich eine Latenz 1,0" sodann 0,7"—0,8" entsprach, später (bei gleichem Intervall $\frac{1}{15}''$) die Zeiten, 0,9" — 1,2" — 1,7" zugehören.

Abgesehen von solchen Modificationen der Erregbarkeit finden wir, dass wenn die Werthe der Reizquotienten von der 1 abweichen, auch die Latenzquotienten sich ändern, und zwar in entgegengesetztem Sinne, so dass wachsenden Reizen abnehmende Latenzen entsprechen. Aber wir bemerken auch, dass keineswegs (wie man etwa hätte erwarten können) Reizquotienten und Latenzquotienten gleicher Reihe einander genau reciproke Grössen waren. Betrachten wir die einzelnen Werthe (nach den Zeilen 4—8, welche grosse Anomalien bieten) näher, so finden wir, dass bei mässigen Aenderungen in der Reizintensität die Verhältnisse der zugeordneten Zeitgrössen nicht beträchtlich von den erwarteten abweichen; dass aber, wenn der Reiz bedeutend variirt wird, die Latenzen in noch erheblicherem Grade sich ändern (No. 17 bis 21). Eine weitere Steigerung dieser Differenzen zwischen den zugeordneten Werthen der Verhältnisszahlen in den 2 mittleren Columnen findet sich in den Zeilen No. 23 und 24. Dann aber sehen wir mit fortschreitender Ermüdung den grossen Reizquotienten nahezu gleiche, wohl auch kleinere reciproke Latenzquotienten, einmal (No. 31) selbst identische zukommen. Als Inductionsströme von 125 Einheiten, trotz grosser Frequenz, fast effectlos geworden waren (No. 35), und nun 150 E in die Stufe der regelmässig wirkungsfähigen Reize gerückt waren, erhielten, bei abermaliger Steigerung um 25 Einheiten, die Verhältnisszahlen der Latenzzeiten viel höhere Werthe, als sie in früheren Ermüdungsstadien bei schwächeren Reizen gleicher Frequenz hatten, deren Intensitäten ebenfalls um 25 E verschieden waren. Selbst als (No. 45) die hinreichende Stromintensität (150 E) um nur 10 E gesteigert wurde, nahmen die Latenzzeiten ganz unverhältnissmässig zu, während ein fernerer Reizzuwachs um 15 E die latente Erregung nur wenig verkürzte. Im weiteren Verlaufe des Versuchs steigen, bei immer gleichen Verhältnissen, die Proportionen der Latenzgrössen, so dass sie den Werth 4 : 1 (No. 66) und schliesslich selbst 1 : 6 erreichen, indem nur die Latenzzeiten des schwächeren Reizes beträchtlich wachsen, diejenigen des stärkeren aber ziemlich unverändert bleiben.

Es sind demnach die Zeiten latenter Reizung keineswegs einfache Functionen der Stromstärken, etwa in der Weise, wie man die Muskelzuckungshöhen von Reizen motorischer Nerven abhängig

ansah, sondern gleichen Reizzuwachsen entsprechen, unter verschiedenen Erregbarkeitsverhältnissen desselben Reflexpräparates, ganz verschiedene Erregungswerthe. Etwas frappant könnte man das Ergebniss der Beobachtungen so formuliren: Zwischen maximalen Reizen (kleiner Latenzzeit) und minimalen (grosser Latenz) besteht nur ein schmaler Grenzraum. Befinden sich die 2 verglichenen Reize jenseits der Grenze (sind also beide maximale) so differiren die zugehörigen Latenzwerthe nur wenig von einander, wie verschieden auch die absoluten Werthe der Reizintensitäten sein mögen; bleibt aber ein Reiz unter der Grenze, oder geräth in Folge der Ermüdung in das Gebiet der minimalen, während der andere, damit verglichene nach oberhalb im Maximalbereiche steht, so sind die Effecte der 2 Erregungen beträchtlich verschieden, obwohl deren Intensitäten, nach absoluten Maſsen bestimmt, möglicherweise nur geringe Differenzen haben.

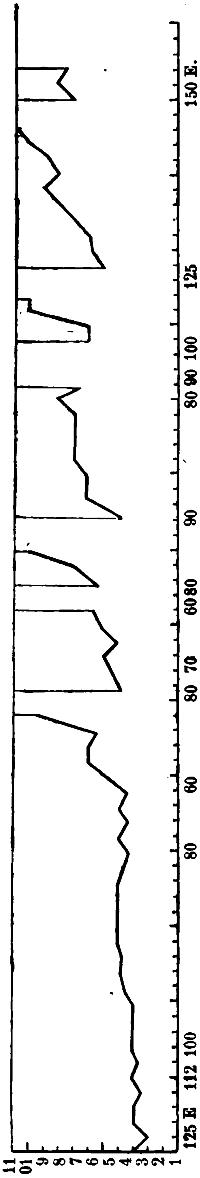
Als ich über die Ursache dieser seltsamen Erscheinung nachdachte, fiel mir ein, dass ja auch die Reizfrequenz einen grossen Einfluss auf die Latenzzeit hat, und dass vielleicht mit der Intensität der angewandten Reize auch deren Frequenz geändert werde. — Der schwingende Stab, welcher die häufigen Unterbrechungen (22 und 30 pro Secunde in der betrachteten Experimentalreihe) vermittelte, gab ja in einer Secunde 11, respective 15 Schliessungen und eben so viele Oeffnungen des primären Stromes. Da nun die Oeffnungsinductionsschläge stärkere Reize sind als die Schliessungsinductionsströme, so werden die ersteren schon bei einem Rollenabstande wirksam werden, bei welchem die letzteren noch ohne Effect sind. Treten aber, bei Näherung der Rolle, die Schliessungen ebenfalls in das Gebiet der hinreichenden Reize, so wird die Frequenz der wirksamen Erregungen verdoppelt. Unter der (später gerechtfertigten) Voraussetzung, dass in dem soeben betrachteten Versuche, bei mässigen Reizstärken nur die Oeffnungsschläge wirksam waren, habe ich in der 2ten Tabellen-Columne neben das eingeklammerte Stromintervall das doppelt so grosse wirkliche Reizintervall gestellt.

Um diese Anschauung zu prüfen, versuchten wir die Wechselinductionsströme mit Hülfe einer, Seite 380 beschriebenen Vorrichtung am *Ruhmkorff*'schen Interruptor gleichzumachen.

Die nebenstehende Curve (Fig. 3.) giebt die Resultate einer mit den beschriebenen Mitteln gewonnenen Versuchsreihe wieder. Sie ist derart erhalten, dass über jedem Anfangspuncte der, einer Versuchsperiode sammt Ruhepause (von 1 Minute) entsprechenden, markirten Abscisseneinheit die zugehörigen Zeiten latenter Reizung als Ordinaten aufgetragen sind, deren je 1 Secunde bedeutende Längeneinheiten an der Anfangsordinate bezeichnet sind. Die Verbindungslinie der Ordinatenendpuncte giebt die Curve der Latenzzeiten. Die senkrechten, dünnen Linien, welche von den abgebrochenen Curvenenden zu dem oberen Grenzstriche aufsteigen, sollen andeuten, dass der in jenes Bereich fallende Reiz keinen Reflex auslöste, also die Latenzzeit als unendlich gross markirt werden kann.

Die Curve lehrt, dass die latente Reizdauer eines frischen Reflexpräparates nicht wesentlich verlängert wird, wenn man die Reizstärke mindert. 125 E, 112 und 100 Einheiten wirken nach ziemlich gleicher Reizdauer, während nach der 10ten Periode; bei unveränderter Reizstärke, die Latenzzeit sich allmählich von 3″ auf 4″ verlängert. Auf diesem Stande hält sie sich aber auch noch bei 80 E. Erst die um weitere 20 Einheiten verminderte Stromintensität steigert die Latenzzeit beträchtlich, wird aber auch bald gänzlich unwirksam (Latenz ∞). Auf 80 Stromeinheiten reagirt der Schenkel wieder nach

Fig. 3.



Curve latenter Reizung von einem Reflexpräparate des Frosches. Eine Pfote ist durch Wechselinductionsströme, deren 2 Richtungen annähernd gleiche Intensität erhalten haben in Intervallen von $\frac{1}{4}$″ gereizt. Die Reizstärke zwischen 150 und 60 Einheiten des graduirten Schlittenapparates variirt, ist notirt, wo sie verändert war. Nach jedem Reflexe bleibt eine Ruhepause von 1 Minute. Die Ordinateneinheiten bezeichnen Secunden Latenzzeit; die Abscisseneinheiten Reizperioden.

kurzer Reizdauer, welche auch bei 70 Einheiten noch nicht wesentlich wächst, während 60 Einheiten auch jetzt effectlos bleiben. Die Latenzzeit bei 80 Einheiten setzt wieder da ein, wo sie zuvor bei 70 abgebrochen war und wird bald ∞. 90 Einheiten wirken anfänglich nach relativ kurzer Latenz, sodann nach mässiger. Schliesslich erscheint einmal die Reflexzuckung-Erregbarkeit etwas früher, aber 80 E und 90 E bleiben ohne Effect. Es vermögen auch 100 Einheiten nur einige Reizperioden hindurch sich geltend zu machen. Unter dem Einflusse von 125 Einheiten, die im Anfange keineswegs deletär gewirkt hatten, wachsen jetzt rapide die Latenzzeiten, bald bis ∞. 150 Einheiten lösen noch nach mässiger Dauer schwache Reflexe aus, dann stirbt das Präparat plötzlich ab: bleibt auch auf Reize von 1000 E unthätig.

Dieser natürlich durch mehrere Versuchsreihen bestätigte Befund zeigt also, dass die Dauer der latenten Reizung keineswegs immer so wesentlich von der Intensität der Reizung abhängt, als man bisher angenommen hat. Wenn mässige Reize, bei abnehmender Erregbarkeit nahezu minimal werden, verlängern sich die Latenzzeiten bedeutend und können nunmehr durch stärkere Erregung erheblich herabgedrückt werden. Wir sehen aber zugleich, dass nicht etwa, wie beim Nervmuskelpräparate stärkere (untermaximale) Reize den schwächenden Einfluss der überstandenen Actionen zu compensiren im Stande sind. Die Leistungsfähigkeit, welche der Reflexfrosch, abgesehen von der Intensität der Zuckungen, durch die Geschwindigkeit der Reaction bekundet, nimmt bei diesem in weit unregelmässigerer Weise ab, wie beim Muskel; ihr Ablauf ist auch nicht, wie derjenige der Muskelermüdung, durch grössere Ruhepausen sehr flach zu erhalten, sondern wird gegen das Ende zu immer steiler und bricht (wie schon früher erwähnt worden) dann häufig ganz plötzlich ab.

Die Länge einer solchen Ermüdungscurve und die Steigung der einzelnen Stücke ist jedoch, selbst zur gleichen Jahreszeit (Winter), sehr grossen, individuellen Schwankungen unterworfen. So reagirte ein sehr empfindliches Präparat zu Beginn des Versuches auf Reize von 5 Einheiten nach 0,5 Secunden latenter Reizung; aber aber auch, nachdem es (im Verlaufe von $1\frac{1}{2}$ Stunden) 73 Reizperioden überstanden hatte, genügten ihm noch Inductionsströme von 8 bis 15 Einheiten, in $\frac{1}{2}''$ Intervall wirkend zu reflectorischer Bewegung nach $1''$ latenter Reizung. Solche

Charakterverschiedenheit zeigt sich auch bei den Reflexpräparaten bezüglich ihrer Empfindlichkeit gegen Ströme verschiedener Richtung. Während bei manchen Fröschen aufsteigende Ströme (vom Fuss gegen den Unterschenkel) und absteigende Ströme völlig gleichwerthig waren, erwies sich bei anderen die absteigende Richtung des Schliessungsinductionsschlages wirksamer, als die aufsteigende, bei wieder anderen war das Verhältniss umgekehrt. Es existirt also, wie für die mit Inductionsschlägen gereizten Froschmuskeln [1], so auch für die Reflexpräparate kein allgemein gültiges Zuckungsgesetz. Bei letzterem ist die Inconstanz jedoch noch grösser, insofern, als die Reaction auch bei demselben Individuum in den verschiedenen Ermüdungsstadien sich ändert. In Fig. 4 sind die Ergebnisse einer Versuchsreihe dargestellt, in welcher die Effecte der im Präparat verschieden gerichteten Inductionsströme untersucht wurden. Damit wir in jeder Reizperiode nur gleich geartete Inductionsschläge erhielten, stellten wir für diese Experimente den Interruptor so her, dass sein Anker (wie der *Wagner*'sche Hammer die *Pflüger*'sche Abblendung [2]), sobald der Magnet ihn angezogen hat, einen Bügel von Kupferdraht in 2 Quecksilbernäpfchen senkt, welche mit den Polen der secundären Spirale des Inductorium verbunden sind. So werden die Oeffnungsschläge vom Präparate abgeleitet. — Freilich gestattet diese Anordnung, sollte sie präcis functioniren, keine sehr schnellen Schwingungen des Ankers. — Die gleich gerichteten Schliessungsinductionsströme wurden nach jeder Reizperiode gewendet, so dass die Pfote abwechselnd von aufsteigenden (↑) und absteigenden (↓) Strömen durchflossen wurde. In der nächsten Figur bitte ich vorerst nur die obere Curve zu betrachten; die untere wird uns später interessiren.

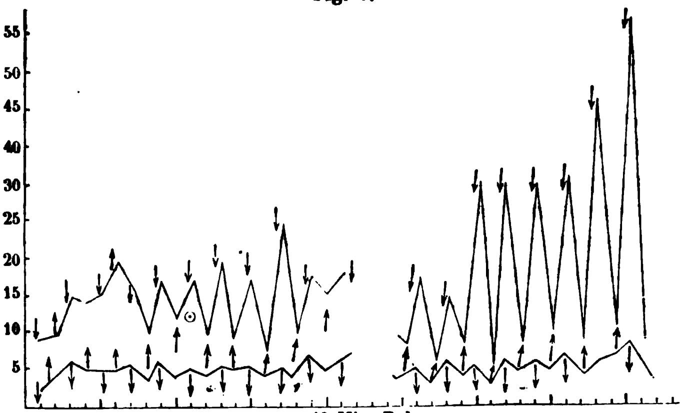
Im Anfange der (oberen) Curve sehen wir die Latenzzeiten allmählich wachsen, unabhängig von der Stromesrichtung. Von der 8ten Reizperiode ab beginnen die Ströme aufsteigender Richtung (↑) sich durch kurze Zeiten latenter Reizung auszuzeichnen, während die absteigenden (↓) Inductionsschläge etwas längerer Reizzeit wie zuvor bedürfen, einmal (17. Periode) sogar

---

1) *H. Kronecker*, Monatsberichte der Akad. d. Wissenschaften zu Berlin 1870 S. 640.

2) *E. Pflüger*, Untersuchungen über die Physiologie des Elektrotonus. Berlin 1858 S. 130.

Fig. 4.



Das Reflexpräparat reizen Schliessungsinductionsschläge von 20 E Intensität, in 1/2" Intervall. Dieselben folgen einander nach Pausen von 3 Minuten abwechselnd in absteigender (↓) und aufsteigender (↑) Stromesrichtung. Die Abscissenstriche markiren Reizperioden. Die Ordinatenmarken je 5 Secunden latenter Reizung. Die obere Curve bezeichnet die Zeitpuncte starker reflectorischer Zuckung.

bis 24", um starke Reflexe auszulösen[1]. Nach längerer (13 Minuten) Ruhe, während deren das Quecksilber der Nebenschliessung gereinigt wurde, bildeten sich sehr grosse, regelmässige Unterschiede in den Wirkungen der Ströme beider Richtungen aus, so dass nach 4 Perioden die Zacken der Latenzzeitcurve sehr gross werden. Es zeigt sich dabei, dass die Latenz nur für Ströme einer Richtung sehr bedeutend wächst (bis über 54" latenter Reizung): eine Eigenthümlichkeit, welche der bei Tabelle III erwähnten analog ist. Dort bemerkten wir, dass die Latenzen für starke Reize mit der Ermüdung nur wenig, für schwache Reize aber erheblich wachsen, und dass darum die Quotienten der Latenzzeiten die reciproken Verhältnisse der Reizzeiten immer beträchtlicher übertreffen. — Die späteren Versuchsperioden, welche in die graphische Darstellung der Resultate nicht aufgenommen sind, deuten wieder auf merkwürdige Aenderungen der Erregbarkeit. Die Curve senkt sich wieder, und die Unterschiede der Wirkungen zwischen aufsteigenden und absteigenden Strömen verschwinden, ähnlich wie es im Anfang des Versuches der Fall war. Mit der Ermüdung wachsen später die Latenzzeiten für

1) Die längere Latenz absteigender Schliessungsinductionsreize könnte dem Zuckungsgesetze gemäss auf das von *Rosenthal* (l. c.) formulirte 6te Gesetz zurück geführt werden, demzufolge »die Reflexzeit für die vom Rükkenmark entferntere Stelle grösser, als für die nähere« ist.

beide Stromrichtungen. Mit Strömen hoher Intensität kann man aber sodann wieder Zuckungen sehr kurzer Latenz erhalten.

Die einzelnen Stromstösse folgten bei dieser Experimentalreihe in Zwischenräumen von $\frac{1}{2}''$.

Nur bei seltenen Reizen erreichen die Zeiten der latenten Erregung die bedeutenden Werthe von 1 Minute und darüber. Nur in diesen Fällen konnten wir daher auch, bei Aenderung der Reizintensität, grosse Unterschiede der Latenzzeit beobachten.

Es war somit zu erwarten, dass die Dauer latenter Reizung wesentlich vom Reiztempo beeinflusst werde. Schon die 3 Tabellen welche als Beispiele für die Wirkung der wechselnden Reizstärken in dieser Arbeit angeführt worden sind, geben Gelegenheit, den Einfluss der wechselnden Reizfrequenz zu beachten.

In Tabelle I (S. 384) ist auf der letzten Linie, welche das Reizintervall $\frac{1}{8}''$ enthält, die Latenzzeit 2,0" notirt, welche der Reizstärke 150 Einheiten entspricht, während die nächste Reizperiode gleicher Intensität vom Intervall $\frac{1}{50}''$ nur eine Dauer von 1,2" bis zur Zuckung beansprucht. Noch prägnanter ist in Tabelle II der Unterschied zwischen den 2 benachbarten Latenzwerthen 2,0" und 0,5". In beiden Fällen schlugen Inductionsströme gleicher Intensität (10 Einheiten) die Froschpfote; aber im ersten Falle war das Reizintervall $\frac{1}{4}''$ im zweiten $\frac{1}{18}''$. In der Tabelle III (S. 390) fanden geringere Aenderungen der Reizintervalle: ($\frac{1}{11}''$ und $\frac{1}{15}''$) statt. Aber auch hier variirt mit dem Intervallwechsel in deutlicher Weise die Zeit der Latenz:

1	11	Reize	(100 E)	pro	Sec.	wirkten	nach	1,7"	Latenz
	15	»	(100 E)	»	»	»	»	1,2"	»
2	15	»	(150 E)	»	»	»	»	0,7"	»
	11	»	(150 E)	»	»	»	»	0,9"	»
3	11	»	(150 E)	»	»	»	»	1,0"	»
	15	»	(150 E)	»	»	»	»	0,8"	»

Der Anblick dieser Tabelle könnte zu der Hypothese verleiten, dass in jedem Stadium der Erregbarkeit des Präparates eine bestimmte Anzahl von Reizen gewisser Intensität erforderlich sei, um einen Reflex auszulösen. Denn in den ersten 2 Parallelfällen trafen resp. 18,7 und 18,0 Reize den Schenkel, bevor er gehoben wurde; in dem 2ten Paare waren 10,5 und 9,9 Schläge wirksam. In dem 3ten Paare reagirte der Schenkel auf den 11ten und 12ten Stromstoss. Eine solche Annahme würde sich aber nur in seltenen Fällen bewähren. Wir finden Abweichungen nach beiden Seiten.

Eine tabellarische Zusammenstellung einiger Schlagzahlen, welche in benachbarten Reizperioden gleicher Intensität aber verschiedenen Intervalls für den Reflex erforderlich waren, wird nicht nur dienen, um die soeben erwähnte Hypothese zu entkräften, sondern auch weitere nützliche Fingerzeige geben.

Die folgenden Proben sind aus passenden Experimenten da herausgegriffen, wo alle Versuchsbedingungen am gleichmässigsten waren. Jede der laufenden Nummern der Tabelle bezeichnet eine Versuchsreihe. Mehrere Paare aus einem Experimente tragen die gleichen Ordnungszahlen nebst verschiedenen Buchstaben.

Tabelle IV zeigt den Einfluss verschiedenen Reizintervalls auf die Dauer der latenten Reizung.

Laufende Nummer der Versuche.	Reiz:		Zum Reflex erforderliche:	
	Stärke Einheiten.	Intervall Secunden.	Reizdauer Secunden.	Schlagzahl.
1	150 150	$\frac{1}{8}$ $\frac{1}{50}$	2,0 1,2	16,0 60,0
2	10 10	$\frac{1}{4}$ $\frac{1}{48}$	2,0 0,5	8,0 24,0
3a	100 100	$\frac{1}{8}$ $\frac{1}{21}$	2,2 0,3	17,6 6,3
3b	100 100	$\frac{1}{21}$ $\frac{1}{8}$	0,7 2,4	14,7 19,2
4	100 100	$\frac{1}{8}$ $\frac{1}{21}$	2,3 0,7	18,4 14,7
5a	100 100	$\frac{1}{8}$ $\frac{1}{21}$	1,7 0,7	13,6 14,7
5b	175 175	$\frac{1}{21}$ $\frac{1}{8}$	0,25 1,0	15,25 18,0
6	20 20	$\frac{1}{4}$ $\frac{1}{8}$	7,5 2,0	30,0 16,0
7	15 15	$\frac{1}{4}$ $\frac{1}{8}$	5,0 1,0	20,0 8,0
8a	11 11	$\frac{1}{4}$ $\frac{1}{8}$	4,0 2,0	16,0 16,0

Laufende Nummer der Versuche.	Reiz:		Zum Reflex erforderliche	
	Stärke Einheiten.	Intervall Secunden.	Reizdauer Secunden.	Schlagzahl.
8b	30	$\frac{1}{4}$	1,0	4,0
	30	$\frac{1}{8}$	0,5	4,0
9	8	$\frac{1}{4}$	7,0	28,0
	8	$\frac{1}{8}$	3,0	24,0
10	10	$\frac{1}{8}$	5,0	40,0
	10	$\frac{1}{4}$	15,0	60,0
11	15	$\frac{1}{8}$	1,5	12,0
	15	$\frac{1}{4}$	4,0	16,0
12a	12	$\frac{1}{5}$	2,5	12,5
	12	$\frac{2}{5}$	7,0	15,5
12b	20	$\frac{2}{5}$	30,0	75,0
	20	$\frac{1}{5}$	5,0	25,0
12c	20	$\frac{1}{5}$	10,0	50,0
	20	$\frac{2}{5}$	45,0	112,5
13a	10	$\frac{1}{2}$	6,0	12,0
	10	$\frac{1}{4}$	2,5	10,0
13b	10	$\frac{1}{2}$	4,0	8,0
	10	1	15,0	15,0
13c	10	1	19,0	19,0
	10	$\frac{3}{2}$	50,0	33,0
14	15	$\frac{1}{2}$	5,0	10,0
	15	$\frac{1}{4}$	3,0	12,0
15	8	$\frac{1}{4}$	1,0	4,0
	8	$\frac{1}{2}$	2,5	5,0
16a	500	$\frac{1}{4}$	1,0	4,0
	500	$\frac{1}{2}$	3,0	6,0
16b	400	$\frac{1}{4}$	13,0	52,0
	400	$\frac{1}{2}$	30,0	60,0
17	15	$\frac{1}{2}$	46,0	92,0
	15	$\frac{1}{4}$	5,0	20,0
18	900	$\frac{1}{2}$	25,0	50,0
	900	$\frac{1}{4}$	5,0	20,0

Laufende Nummer der Versuche.	Reiz:		Zum Reflex erforderliche	
	Stärke Einheiten.	Intervall Secunden.	Reizdauer Secunden.	Schlagzahl.
19	400 400	$\frac{1}{2}$ 1	4,5 34,0	9,0 34,0
20	1000 1000	1 $\frac{1}{2}$	9,0 5,5	9,0 11,0
21a	1000 1000	2 $\frac{3}{2}$	35,5 8,5	17,75 5,6
21b	1000 1000	$\frac{3}{2}$ 2	16,5 55,0	14,3 27,5
22	500 500	$\frac{3}{2}$ 2	6,7 35,5	4,36 17,75
23	1000 1000	2 $\frac{3}{2}$	80,0 63,0	40,0 42,0

Schon ein flüchtiger Ueberblick der vorstehenden Tabelle lehrt, dass bei dem gleichen Präparate, in demselben Stadium der Erregbarkeit, bei unveränderter Reizintensität dem kleineren Reizintervalle die kürzere Latenz zugehört.

Man bemerkt aber sogleich, dass es ganz unstatthaft wäre, die Resultate mehrerer Versuchsreihen mit einander zu vergleichen; denn bei demselben Reizintervalle zeigten sich sehr abweichende Latenzzeiten: z. B. bei $\frac{1}{8}$" Intervall Schwankungen zwischen 0,5" und 5" Latenz, bei $\frac{1}{4}$" Intervall latente Reizung von 1" bis 30" u. s. w.

Die Reizbarkeit der verschiedenen Präparate ist so mannigfach, dass man für jedes den erregenden Strömen eine andere Intensität geben muss. Freilich dienen die notirten Reizeinheiten auch nicht als absolute Mafse, weil die zur Stromerzeugung verwendeten *Grove*'schen Elemente nicht jedesmal mit frischen Säuren gefüllt wurden. Während desselben Experimentes aber bleibt die Kette merklich constant. —

Soviel kann man durch alle individuellen und experimentellen Verschiedenheiten hindurch erkennen, dass frequente Reize (etwa bis $\frac{1}{8}$" Intervall herab) auch unter ungünstigsten Verhältnissen (gesunkener Erregbarkeit und geringer Stromstärke) nicht die

lange Latenzzeit erreichen, wie sie den seltenen Reizen ($\frac{1}{2}$" bis 2" Intervall) in der Regel zukommt.

Je grösser die Differenz der zusammengehörigen Reizintervalle, um so grösser ist gewöhnlich auch der Unterschied der Zeiten latenter Reizung.

Die Intervalldifferenz $\frac{1}{8} - \frac{1}{21} = 0,08$ entspricht 1,39" als der aus den aufgeführten Versuchen berechneten mittleren Differenz der Zeiten latenter Reizung; die Intervalldifferenzen $\frac{1}{4} - \frac{1}{8} = 0,125$ coincidiren mit dem mittleren Werthe der Latenzabweichungen von 4,07"; den Unterschieden der Intervalle $\frac{1}{2} - \frac{1}{4} = 0,25$ gehört als Mittel der Latenzdifferenzen der Werth 12,4" zu.

Die 3 Periodenpaare mit der Intervalldifferenz $\frac{2}{5} - \frac{1}{5} = 0,2$ sind zur Bestimmung des mittleren Werthes nicht zu gebrauchen, weil die 2 späten Gruppen Stadien hoher Ermüdung entsprechen.

Für die Intervalldifferenz 0,5 stellt sich als zugehöriger Mittelwerth der Latenzdifferenzen 23,3 heraus. Wenn wir aber 9,0 und 3,5: die Subtractions-Ergebnisse der Gruppen 13b und 20 ausschliessen, so kommen wir sogar auf den Mittelwerth 30,1. Es ist auch begreiflich, dass der grossen Differenz 0,5 eine verschiedene Geltung zukommt, je nachdem sie aus $1 - \frac{1}{2}$ oder aus $\frac{3}{2} - 1$ oder aus $2 - \frac{3}{2}$ entstanden ist. Die in Zwischenräumen von 2" oder $\frac{3}{2}$" folgenden Inductionsschläge müssen für die meisten Frösche sehr stark gewählt werden, und viele Male wiederkehren, um überhaupt Effect zu haben, während die Stösse, welche einander in 1" Intervall folgen, ohne dass sie sogleich eine sehr hohe Intensität brauchen, für sehr viele Präparate zur reflectorischen Erregung taugen, freilich bei manchen (bei denen $\frac{3}{2}$" Intervall gänzlich unwirksam ist) erst nach öfterer Wiederkehr.

Wenn man statt der Differenzen von Reizen und Latenzen die Verhältnisse derselben betrachten will, so findet man diese am einfachsten ausgedrückt in den zum Reflexe erforderlichen Schlagzahlen, die in der 5ten Columne der Tabelle angegeben sind.

Aus diesen Zahlen ist ersichtlich, dass man nicht annehmen darf: es sei, um einen Reflex auszulösen, bei unveränderter Erregbarkeit des Schenkels, ein bestimmtes Reizquantum erforderlich, welches auch bei wechselndem Intervalle gleichintensiver Stromstösse eine immer gleiche Anzahl derselben erfordert. Die zusammengehörigen Schlagzahlen eines Versuchspaares weichen meist beträchtlich von einander ab. Nur in den zwei Gruppen

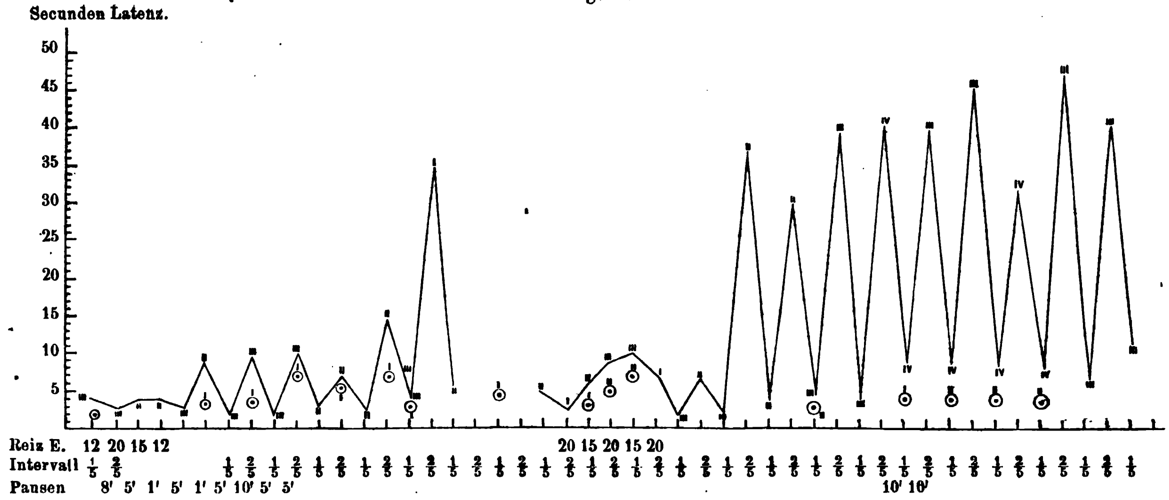
der Reihen No. 8a und No. 8b finden sich, wohl durch Zufall, gleiche Werthe. In den weitaus meisten Fällen gehören zu den grösseren Intervallen auch grössere Schlagzahlen, d. h. die Dauer der latenten Reizung ist bei seltneren Reizen nicht nur absolut länger, als bei häufigeren, sondern auch mehr als nöthig ist, um die gleiche Reizzahl vollführen zu lassen. Nicht selten muss bis zur Schenkelerhebung die Schlagzahl der seltenen Reize die der häufigeren sogar um ein Vielfaches übertreffen. Diese Erscheinung hat eine gewisse Analogie mit dem S. 376 erwähnten Resultate der *W. Baxt*'schen Untersuchung, welche ergab, dass die latenten Wirkungszeiten rascher wachsen, als die reizenden Säuren an Stärke abnehmen. Nur die beiden ersten in der Tabelle aufgeführten Gruppen weichen in auffallender Weise von dem Verhalten der übrigen ab. Relativ sehr viele Reize kleiner Intervalle treffen den Schenkel, bevor er sich erhebt.

Der Ursache dieser eigenthümlichen Erscheinung mit Hülfe vollkommener Reizinstrumente nachzuforschen, habe ich noch nicht Gelegenheit gefunden.

Ferner ist auch aus diesen Notizen (5a, b und 8a, b) zu erkennen, wie bei grösserer Reizintensität die Zeit der Latenz etwas abnimmt. Die Ermüdung wirkt, wie früher schon (S. 395 Fig. 3) gezeigt worden ist, in entgegengesetztem Sinne. In der Gruppe 3a, welche die gleiche Reizintensität mit der 2a hat, ist zwar die Schlagzahl für $\frac{1}{8}''$ die kleinere; aber der Grad des Reflexes war zugleich in diesem Falle ein sehr niederer. — Wir werden auf die Beziehung zwischen Zuckungsgrad und Latenzzeit bald zurückkommen. — Man kann den die Latenz verlängernden Einfluss der Ermüdung also compensiren, indem man den Reiz verstärkt; doch gilt dies nicht in gleichem Grade für alle Intervalle. Während man bei mittleren Intervallen die Ermüdung übercompensiren kann (5a, b, 8a, b.) vermag man dies bei grösseren nicht mehr (12a, b, c.). Es erreicht bei solchen die Dauer der latenten Reizung schnell sehr hohe Grade. Das Wachsthum der Latenzen bei Reizung mit Stromstössen verschiedenen Intervalls wird die folgende, nach den Daten einer Versuchsreihe construirte Curve Fig. 5. anschaulich machen.

Diese Versuchsreihe lässt erkennen, wie das frische Präparat gleich schnell auf Reize ziemlich verschiedener Intensität

Fig. 5.



Curve der Zeiten latenter Reizung. Reflexpräparat mit Inductionsströmen wechselnder Intensität (12—20 Einheiten) und wechselnden Intervalls ($\frac{1}{5}''$ und $\frac{2}{5}''$) gereizt. Die Abscisseneinheiten markiren Versuchsperioden, die in den untergemerkten Pausen, von 1 bis 10 Minuten einander folgen; jede Ordinateneinheit entspricht 1″ Latenzzeit. Die Stärke jeglichen Reflexes ist, gemäss der S. 383 erwähnten Eintheilung in Zuckungsgrade, an der betreffenden Stelle der Curve durch die Zeichen I. II. III. IV. angegeben. Die Ringel ⊙ bezeichnen die Zeitpuncte, wo der beständig gereizte Schenkel vor dem als endgültig angesehenen Reflexe zuckte.
Wo nichts Anderes bemerkt ist gelten die zuletzt notirten Zahlen.

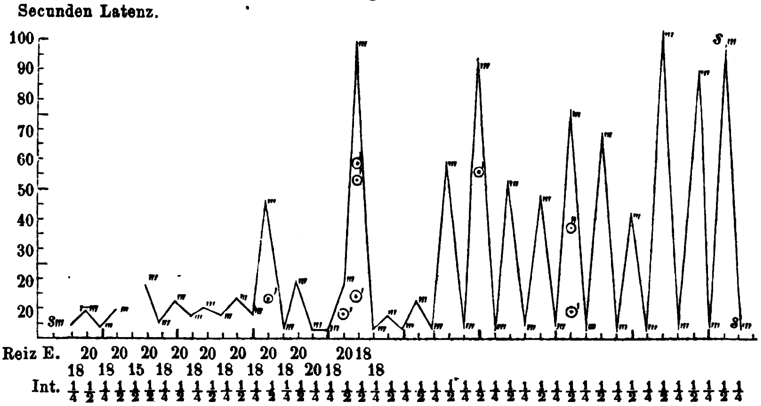
(20 E und 12 E) und verschiedenen Intervalls ($\frac{1}{5}$" und $\frac{2}{5}$") reagirt. Nur ist der Umfang der 2 ersten Zuckungen etwas grösser, als derjenige der zunächst folgenden, die nur den Grad II erreichen. In der 6ten Periode ist, unter gleichen äusseren Bedingungen wie zuvor, ein Reflex vom Grad II erst nach 10" langer Reizung zu erhalten. Bei Intervall $\frac{1}{5}$ aber schon nach 2". Den gleichen Vorgang konnten wir nun wiederholt beobachten, Intervall $\frac{1}{5}$ brauchte nur den 5ten Theil der Reizzeit von Intervall $\frac{2}{5}$.

In der 12ten Versuchsperiode kam der Reflex auf den seltenen Reiz etwas verfrüht, aber in den folgenden Perioden wuchs die Latenz schnell und wurde bald ∞ d. h. der Reiz 12 E $\frac{2}{5}$" I. vermochte, trotz minutenlanger Einwirkung, keinen Reflex mehr auszulösen. Indessen blieben die frequenten Reize gleicher Intensität noch mässig wirksam: die Dauer ihrer Latenz blieb klein. Für die zweite Hälfte unserer Versuchsreihe mussten die Reize 15 E bis 20 E beansprucht werden. 20 E $\frac{2}{5}$" bleibt ungefähr ebensolange effectlos, als 15 E $\frac{1}{5}$". Als beide Frequenzen bei derselben Stromintensität verglichen wurden, zeigte sich das Untergewicht der seltenen bald in sehr eclatanter Weise. Etwa 10mal längere Reizung erforderte die in $\frac{2}{5}$" Intervall erfolgende Stossreihe, bevor der Reflex zum Durchbruch kam, als diejenige doppelter Häufigkeit. Es trafen also im ersten Falle 5mal mehr Reize die Nerven als die letzten. Man bemerkt zugleich, dass die späten Reflexe keineswegs schwächer zu sein brauchen, als die früh eintretenden. Kommt es aber eine Weile nach der präsumptiven Latenzzeit nur zu schwacher Entladung (I), dann ist Unwirksamkeit des angewendeten Reizes, oder, wenn schon starke Ströme applicirt worden, gänzliches Absterben in naher Aussicht. Gelegentlich bitte ich gleich hier, zu beachten, wie am Anfange der Curve, wo diese ihren kleinzackigen Verlauf beginnt, die Verlängerung der Latenz für seltene Reize nicht unvermittelt auftritt, sondern eine schwache Zuckung (⊙′), anstatt der erwarteten stärkeren (II oder III) sich einstellt, der erst mehrere Secunden später die definitive folgt. Solche submaximalen Reflexe wollen wir »vorläufige« nennen, im Gegensatz zu den »endgültigen«. Diese Erscheinung wiederholt sich bei dem nächsten ($\frac{2}{5}$") Versuche; im dritten tritt die vorläufige Zuckung etwas verspätet auf. In der 4ten Zacke steht die Marke ⊙ wieder gesetzmässig: in der allmählich ansteigenden Linie, welche die Marke ⊙ in Zacke 5 mit dem Endpuncte des ersten horizontalen Curvenstückes verbindet.

In der 6ten Zacke fehlt der Punct vorläufiger Entladung gänzlich; auch die endgültige ist minimal. Andeutungen ähnlichen Verhaltens finden sich ebenfalls im zweiten Abschnitte der besprochenen Curve: besonders an den Theilen, welche Versuchen mit frequenten Reizen zugehören.

Auch die nächste Figur (6) bietet Interesse wegen instructiver Vertheilung der »vorläufigen Reflexe«, deren Bedeutung wir später im Zusammenhange mit ähnlichen Erscheinungen würdigen wollen. Mittheilenswerth ist mir diese Curve wegen ihrer ungewöhnlich grossen Höhenschwankungen erschienen, und weil sie wieder die vorübergehende Modification der Erregbarkeit des wenig ermüdeten Präparates zeigt, wie ich sie bei Tabelle III besprochen habe.

Fig. 6.



Curve der Zeiten latenter Reizung. Reflexpräparat mit Inductionsströmen wechselnder Intensität (18 und 20 Einheiten) und variirten Intervalls ($\frac{1}{2}''$ und $\frac{1}{4}''$) gereizt. Die Abscisseneinheiten markiren Versuchsperioden, welche in Pausen von 3 Min. einander folgen, die Ordinateneinheiten Latenzen von je 5 Secunden; die Zeichen I. II. III. (S III) Zuckungsgrade, die Ringel ⊙ vorläufige Reflexe.

Der Frosch, dem wir diese vorliegende Versuchsreihe verdanken, gab schon bei den ersten Prüfungen mit Reizen von Intervall $\frac{1}{2}''$ und $\frac{1}{4}''$ merkliche Unterschiede in der Latenz. Der Anfangstheil der obigen Curve, dem 11 gleich wirksame Reizungsperioden vorausgegangen waren lehrt, dass die Latenzen seltener Reize ($\frac{1}{2}''$ Int.) länger sind, als diejenigen häufiger ($\frac{1}{4}''$ Int.), sogar wenn die Intensität der ersteren (20 E) diejenige der letzteren

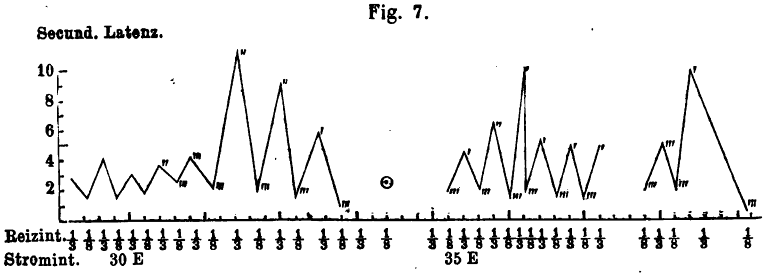
(18 E) etwas übersteigt. Als wir versuchten, die Latenz der häufigen Reize zu verlängern, indem wir die Stromintensität (auf 15 E) minderten, blieb der Reflex gänzlich aus. Abwechselnde Erregungen von 20 E $\frac{1}{2}$" Int. und 18 E $\frac{1}{2}$" Int. brauchten Latenzzeiten, deren graphische Darstellung das flachzackige Linienstück ergiebt. Darauf erscheint eine vorläufige Zuckung (⊙) zur Zeit, wo die endgültige zu erwarten war, und diese verspätet sich bis 45" nach Beginn der Reizungsperiode. Der nächste definitive Zuckungspunct für 20 E $\frac{1}{2}$" Int. steht am richtigen Orte. Die Curve bleibt nun für 2 Perioden tief, obwohl in der 2ten statt der Reize von 20 E nur solche von 18 E verwendet worden sind. Der Frosch scheint reizbarer geworden zu sein; dennoch erreicht die Latenz für 20 E $\frac{1}{2}$" Int. nur wieder den früheren Werth, nachdem freilich ein vorläufiger Reflex ausgelöst war. Nun wurde der Reiz 18 E $\frac{1}{2}$" Int. geprüft, ob dieser jetzt auch dem von 20 E $\frac{1}{2}$" Int. in der Wirkung gleiche, wie es 20 E $\frac{1}{2}$" Int. bezüglich 18 E $\frac{1}{4}$" Int. gethan hatte. Diese Erwartung erfüllte sich zwar nicht: zur betreffenden Zeit trat kein endgültiger Reflex ein, aber es kam doch zu einer schwachen vorläufigen Entladung, der nach 58" und 64" zwei weitere folgen und endlich nach 109" latenter Reizung eine sehr starke Entladung. In der folgenden Reizperiode ist die Erregbarkeit soweit gestiegen, dass nunmehr der Endreflex auf Reizung 18 E $\frac{1}{2}$" Int. nur 5" später erfolgt, als die Reflexe bei frequenter Stromfolge (18 E $\frac{1}{4}$" Int.) auftreten. Bald aber werden die Unterschiede der Latenzzeiten seltener und häufiger Reize wieder gross, indem die ersteren sprungweise wachsen, um dann in hohen Breiten beträchtlich zu schwanken. Dies Verhältniss ändert sich in dem Theile der Curve, welcher nicht mehr mit abgebildet ist. Da konnten die seltenen Reize von der Intensität 18 E überhaupt keinen Reflex mehr auslösen und mussten durch solche von der Intensität 20 E ersetzt werden, welche ebenfalls lange latent wirken mussten. Während dessen halten sich die Zeiten der Latenz für die frequenten Reizungen fast unverändert auf relativ niedrigem Werthe von 3"—4". Erst als das Präparat sehr ermüdet war summirten sich auch die Reize von $\frac{1}{4}$" Int. bisweilen selbst 40" lang schliesslich zu sichtbarer Zuckung.

Während die beiden ausführlich beschriebenen Beispiele von Versuchsreihen zum Vergleiche der Wirkungen seltener und häufiger Reize absolut lange Latenzen darboten, gewährt die

folgende Versuchscurve (Fig. 7) die Anschauung einer Experimentalreihe, in welcher die seltenen Reize (⅓) auch im Maximum nur eine Wirkungszeit von 11 Secunden erfordern, hingegen die häufigeren (⅛) selbst schon nach 0,5 Secunden wirken und in der Versuchsreihe niemals mehr als 2,5" erfordern, um den Reflex auszulösen. In erster Linie ist die Ursache zu diesem Verhalten in der ziemlich hohen Frequenz beider verglichenen Reizfolgen gelegen, sodann aber auch in individuellen Unterschieden der Erregbarkeit, wie sie ja auch die präciseren Reizversuche an den Muskeln oft erwiesen haben.[1] Es liegen mir Versuchsreihen vor, in welchen bei ¼" Reizintervall und hoher Stromintensität Latenzzeiten von 7" bis 20" und mehr erforderlich waren, daneben aber auch solche (Juni 1873), in denen 0,25"—0,5" zur Auslösung der Reflexe genügten (d. h. also 1 oder 2 Stromstösse) ohne dass die verwendete Stromintensität (27 E und 200 E) ungewöhnlich hoch gewesen wäre. Im Mittel aber halten sich doch die Latenzzeiten, welche dem Reizintervalle ¼" zugehören in den Grenzen von 2" und 10", diejenigen für das Reizintervall ⅛" innerhalb 0,5" und 4".

Damit die kleineren Schwankungen der Latenzzeiten deutlich erscheinen, habe ich für die Construction der folgenden Curve den Ordinateneinheiten 5mal kleinere Zeitwerthe gegeben, als in den früheren Curven, so dass schon 1" den Raum zwischen 2 Theilstrichen ausfüllt.

Fig. 7.



Curve der Zeiten latenter Reizung. Reflexfroschpräparat; gereizt mit Inductionsströmen, deren Intensität in jeder Hälfte der Versuchsreihe constant bleibt (erst 30 E dann 35 E). Die Intervalle (⅓" und ⅛") alterniren. Die Abscisseneinheiten markiren Minuten, die Ordinateneinheiten Secunden. Der Zuckungsgrad ist durch die Marken I. II. III. bezeichnet. Wo diese weggelassen sind, ist er von normaler, endgültiger Stärke (III).

[1] Vergl. auch diese Arbeiten 1871. S. 204.

In den kleinen Verhältnissen finden wir die Vorgänge der Latenzschwankungen bei seltener Reizfolge, wie sie in den vorigen Curven grosser Latenzen ausgedrückt sind, wieder.

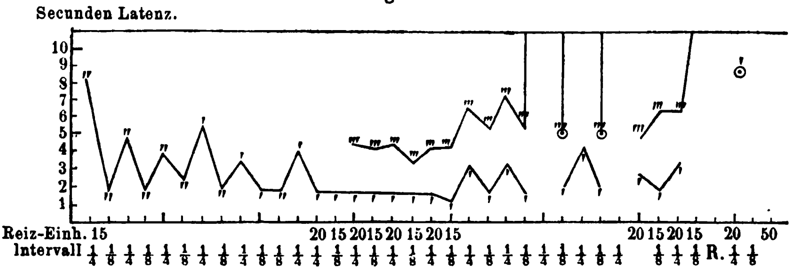
Mit wechselndem Reizintervall variirt die Latenz des frischen Präparates nur wenig. Plötzlich aber steigen die Zeiten latenter Reizung für seltene Stromstösse auf hohe Werthe, während für häufige die kleinen Latenzzeiten bestehen bleiben. Die dritte Spitze der grossen Zacken bleibt wesentlich tiefer, als die 2 früheren, zugleich aber ist der Reflex als schwach bezeichnet und bleibt bei der nächsten Reizung mit Intervall $\frac{1}{3}$ ganz aus. Dies deutet darauf hin, dass jener Reflex nur ein vorläufiger gewesen ist, der endgültige aber nicht zu Stande kommen konnte. Auch etwas längere Ruhe vermag dem Reize 30 E $\frac{1}{3}''$ Int. nicht zu seiner Wirksamkeit zu verhelfen. Die Ströme von 35 Einheiten sind aber jetzt noch längere Zeit, nach mässig hoher Latenzzeit, mächtig.

Es sind bei dieser Versuchsreihe nur die zuerst auftretenden Reflexzuckungen berücksichtigt worden. Der Reiz wurde abgebrochen, nachdem das Präparat überhaupt reagirt hatte. Es sind also »vorläufige Reflexe« stets als endgültige notirt. Daraus erklären sich, wenn man den Zuckungsgrad in Betracht zieht, theilweise die relativ grossen Schwankungen in der Latenzzeit. Wir werden auf diesen Punct bald näher eingehen.

Bisher haben wir die Veränderungen betrachtet, welche die Dauer latenter Reizung erleidet, wenn die Intensität der erregenden Ströme gewechselt wurde, und wenn das Intervall variirte. Nur gelegentlich haben wir auch die resultirenden Effecte gleichzeitiger Grössenänderungen der beiden Variablen berücksichtigt.

Die nächste Curve (Fig. 8) soll zeigen, wie die Reflexzeiten sich verhalten, wenn Reiztempo und Reizstärke gleichzeitig in entgegengesetztem Sinne geändert werden. Da wir aus einer früheren Versuchsreihe (Fig. 5) ersehen haben, dass ein frisches Präparat ziemlich gleich schnell auf erheblich verschiedene Reize reagiren kann, so habe ich die dargestellte Curve da begonnen, wo in den Experimenten die wechselnden Reizintervalle auch die Latenzen merklich schwanken liessen.

Fig. 8.



Curve der Zeiten latenter Reizung: Reflexpräparat mit Inductionsströmen gereizt, deren Intensität, während die Reizintervalle wechselten, anfangs gleich erhalten wurde, später aber ebenfalls in entgegengesetztem Sinne variirt wurde. Darauf alternirten nochmals die Intervalle bei constanter Reizstärke; schliesslich wieder beide Variablen. Die Abscissen markiren Reizperioden, die durch Pausen von 3 Minuten getrennt sind. »R« bezeichnet Ruhe von 10 Minuten. Jede Ordinateneinheit entspricht 1 Secunde. Die Zeichen I. II. III. markiren Zuckungsgrade.

Die absoluten Werthe der Latenzzeiten sind auch in dieser Versuchsreihe klein: halten sich innerhalb der Grenzen von 1″ bis etwa 8″. Nur in einem vereinzelten Falle bleiben die Reize 16 Secunden latent. Wir haben es aber auch hier mit ziemlich häufigen Stromstössen zu thun. Dessenungeachtet bieten die Verhältnisse der kleinen Grössen wiederum das uns schon bekannte Bild. Der erste zackige Theil der Curve stellt wiederum die, bei gleicher Reizstärke, mit den Intervallen ($\frac{1}{4}$″ und $\frac{1}{8}$″) wechselnden Latenzgrössen dar. Als einmal während 2 Perioden das gleiche Intervall angewendet wurde, blieb auch die Latenzzeit unverändert. Dieselbe konnte aber auch auf völlig gleichem Niveau erhalten werden, indem mit kleinerem Intervall eine mindere Stromstärke combinirt wurde: Inductionsschläge von 20 Einheiten im Intervall $\frac{1}{4}$″ blieben äquivalent mit Strömen von 15 E und dem Tempo $\frac{1}{8}$″. Als wir es wieder bei der Reizstärke 15 E bewenden liessen, machten sich die verschiedenen Effecte der veränderten Frequenz wieder geltend. Bald aber versagten 15 E $\frac{1}{4}$″ die Wirkung gänzlich, und auch dauernd, nachdem sie das Reflexcentrum noch einmal zu schwacher Entladung gebracht hatten; während dessen war an den Reflexen, welche Reize von 15 E und $\frac{1}{8}$″ Intervall auslösten, nach Grad und Latenz keine Aenderung zu bemerken. Die Compensation zwischen Frequenz und Intensität der Reize konnte nun noch einmal in höheren Breiten der Latenzzeit erreicht werden, aber plötzlich sank die

Erregbarkeit rapide: 15 E $\frac{1}{8}$" Int. brauchten zur schwachen Wirkung statt 6 Secunden 16", ebenso 20 E $\frac{1}{4}$" Int. anstatt 5" nun 9" zu spurweisem Reflexe. Danach konnten auch häufige Reize von 20 E, von 50 E und noch grösserer Stärke keine Bewegung mehr hervorrufen.

Aus dieser Versuchsreihe geht hervor, dass es möglich ist, divergirende Effecte von Reizen verschiedener Frequenz und Intensität zu compensiren; aber es lässt sich keine Anweisung dafür geben, wie die componirenden 2 Variablen gewählt werden müssen, damit constante Latenzzeiten resultiren. Wie wir gesehen haben (Tabelle III), entsprechen in verschiedenen Ermüdungsstadien gleichen Reiz-Unterschieden oder -Verhältnissen ganz verschiedene Latenz-Differenzen oder -Proportionen. Ebenso nehmen bei Einwirkung verschieden frequenter Reize die Latenzzeiten mit schwindender Erregbarkeit in ganz verschiedenem Verhältnisse zu: bei seltenen viel schneller und mehr sprungweise als bei häufigen. Der Reizzuwachs, welcher also beim frischen Präparate genügt, um bestimmten, seltenen Intervallen die Macht häufiger, schwächerer Reize zu geben, reicht beim ermüdeten dazu nicht mehr aus: ein Umstand, der in Fig. 5 deutlich zu Tage tritt und auch in Fig. 6 bemerkbar ist.

Freilich kann man auch bei wechselnder mittlerer Reizfrequenz Latenzzeiten constanter Grösse dadurch sicher erreichen, dass man die Reize übermässig stark giebt; dann tritt aber stets das Latenzminimum ein. In solchem Falle erfährt man natürlich nichts über das Verhältniss der Erregungskräfte von Stossintensität und Stosszahl. Somit lässt sich nach unseren Erfahrungen folgender Satz aufstellen: Durch Variation der Intensität einzelner Stromstösse kann die Latenzzeit nur innerhalb enger Grenzen verändert werden; hingegen bietet die Abstufung der Reizintervalle ein Mittel, um ausserordentlich grosse Schwankungen in der Dauer latenter Reizung zu erzielen. Daher können kleine Latenzdifferenzen, welche durch Tempowechsel veranlasst worden sind, durch Aenderung der Stromintensität ausgeglichen werden, grosse Unterschiede aber nicht.

Uebrigens lässt sich die Zeit der Latenz durch Tempowechsel nicht beliebig variiren. Die Stromintensitäten, welche für häufige Reize hinreichend sind, bleiben es nicht auch für seltene. Dies haben wir schon bei Betrachtung der Figuren 5 und 7 wahr-

nehmen können. Die seltneren Reize (anfänglich sehr wirksamer Intensität) versagten auch dort bald gänzlich, ohne dass zuvor maximale Latenzzeiten erzielt worden wären. Wir mussten die Stromintensität verstärken, um den seltneren Stössen Erfolg zu verschaffen. — Je mehr die Reizintervalle vergrössert werden, um so beträchtlichere Stromstärken sind zum Reflexe nöthig.

Tabelle V zeigt, wie die Zeiten latenter Reizung mit dem Reizintervalle wachsen; seltene Reize zur Wirkung bald starke Ströme erfordern, welche die Erregbarkeit schnell vernichten.

Ruhepausen zwischen den Reizperioden.	Reiz: Intervall Secunden.	Reiz: Stärken Einheiten.	Latenzzeit Secunden.	Zuckungsgrad.
24 Minuten	0,5	10	6	II
11 »	0,25	10	2,5	II
5 »	0,5	10	{ 5,0	I
			6	II
5 »	0,25	10	2,5	II
5 »	0,5	10	{ 3	I
			4	II
9 »	1,0	10	8	II
5 »	1,0	10	{ 9	I
			15	II
5 »	1,0	10	{ 7	I
			14	II
5 »	1,0	10	{ 8	II
			19	II
5 »	1,5	10	50	II
5 »	1,5	10	68	II
7 »	1,5	10	63	II
5 »	1,5	10	∞	
5 »	1,5	15	{ 80	II
			90	0
5 »	1,5	15	∞	
5 »	1,5	15	∞	
5 »	0,25	10	40	I
5 »	1,5	30	45	III
5 »	0,25	15	14	II
5 »	1,5	30	∞	
5 »	0,25	30	6	II
7 »	1,5	40	∞	

In dieser Tabelle bedeuten die geklammerten Zahlen die Latenzzeiten der aufeinander folgenden Reflexzuckungen (»vorläufigen« und »endgültigen«) einer Reizperiode.

Es ist beachtenswerth, dass hier auch die Latenzzeiten für

kleine Intervalle (0,25"), die anfänglich normal kurz sind, nach den Perioden starker Reizung in grossen Intervallen, bei gleicher Reizstärke ungewöhnlich lang werden; erst durch relativ starke Ströme auf das gewöhnliche Maſs herabgedrückt werden können, während wir sonst gesehen haben, dass sie sich, trotz eingeschobener grosser Latenzen, bei wenig veränderter Stromintensität, auf ziemlich gleichem Niveau erhalten.

Je distanter die Reize gewählt werden, in desto früheren Ermüdungsstadien werden sie gänzlich unwirksam. Inductionsschläge (Schliessung und Oeffnung), die im Intervall 2,5" folgten, habe ich nur einige Male wirksam gesehen, als wir bei frischem Präparate sehr hohe Reizstärken anwendeten. Die Dauer der latenten Reizung war sogar in solchem Falle, welchen die folgende Tabelle VI demonstrirt, sehr kurz, als der Pfote sogleich im Beginn des Experimentes die stärkeren Schläge zugeführt wurden. Schnell aber erlosch die Empfindlichkeit gegen die seltenen Reize, dann gradatim gegen immer häufigere. Die ausserordentlich intensiven Schläge liessen auch beim fast abgestorbenen Präparate keine langen Latenzzeiten zu. Plötzlich, nachdem eine doppelte Ruhezeit (2") noch eine Zuckung kleiner Latenz auf Reize von Intervall 0,5" ermöglicht hatte, war die Erregbarkeit gänzlich erloschen: auch gegen das sonst unfehlbare Kneipen.

Tabelle VI zeigt, wie sehr seltene Reize nur bei ausserordentlichen Stromstärken vom frischen Präparate Reflexe auslösen, bald unwirksam werden; und wie mit sinkender Erregbarkeit immer kleinere Reizintervalle versagen.

Ruhepausen Minuten.	Reiz: Intervall Secunden.	Reiz: Stärken Einheiten.	Latenzzeit Secunden.	Zuckungsgrad.
38	2,5	1000	5,0	III
1	2,5	1000	∞	
1	2,0	1000	∞	
2	2,0	1000	25,5	I
			48	I
			58	II
1	1,5	1000	10,0	III
1	1,5	1000	36,0	II
1	1,5	1000	12,0	III
1	1,5	1000	18,0	III
1	2,0	1000	16,0	I
			66,0	II
1	2,0	1000	35,5	I

Ruhepausen Minuten.	Reiz: Intervall Secunden.	Stärken Einheiten.	Latenzzeit Secunden.	Zuckungsgrad.
1	1,5	1000	7,5	III
1	1,5	1000	18,0	II
1	1,5	1000	16,5	III
1	2,0	1000	64,0	III
1	2,0	1000	42,5	III
1	2,0	1000	49,0	III
3	1,5	1000	19,0	III
1	1,5	1000	18,75	III
1	1,5	1000	21,0	III
1	1,5	1000	36,0	II
1	1,5	1000	40,5	II
1	1,5	1000	26,0	III
1	1,5	1000	53,75	I
1	1,5	1000	∞	
3	1,5	1000	∞	
1	1,0	1000	10,0	II
1	1,0	1000	11,0	II
1	1,0	1000	14,0	I
1	1,0	1000	16,0	II
1	1,0	1000	∞	
10	0,5	1000	8,5	II
1	0,5	1000	8,0	II
1	0,5	1000	8,5	II
1	0,5	1000	9,0	I
1	0,5	1000	10,0	I
1	0,5	1000	∞	
		Kneipen	—	II
2	0,5	1000	11,5	
1	0,5	1000	∞	
		Kneipen		0

In einem anderen Falle, wo die Schläge in 2,5" Intervall 900 E 1 Minute lang ohne Effect den Schenkel eines frischen Präparates getroffen hatten, vermochten nunmehr 1000 Einheiten erst nach 40 Secunden latenter Reizung schwachen Reflex zu erzeugen, darauf bei umgekehrter Stromesrichtung eine schwache Zuckung nach 17, 15" Latenz. Hiernach war aber selbst das Intervall 2,0" fast gänzlich ohnmächtig; erst Reize, die alle Secunden folgten erzielten einige prompte Reflexe nach kurzen Latenzzeiten. Nach einigen Reizperioden aber waren auch Schläge vom Intervall 0,5" nicht mehr zuverlässig, und unaufhaltsam starb das Präparat ab.

Es wirken also starke Reize sehr schnell deletär, auch ohne sichtbare Reflexe auszulösen. Wir werden bald sehen, dass auch untermaximale Schläge d. h. solche, die bei mittleren Reizinter-

vallen für den Reflex noch genügen, bei grossen aber nicht, die Erregbarkeit stark herabsetzen. Es beruht hierin ein wesentlicher Unterschied von dem Verhalten der quergestreiften Muskeln, bei welchen *Kronecker* den eigenthümlichen Umstand bemerkt hat »dass schwächere Reize, wenn sie keinen erheblichen Effect mehr haben, nicht ermüden, wie es maximale Reize thun auch ohne mechanische Wirkung zu äussern, dass der mit unwirksamen Reizen behandelte Muskel sich fast wie ein ruhender verhalte.«[1])

So erkennen wir, dass die aufeinanderfolgenden Reize im Präparate zwei entgegengesetzte Ziele anstreben: die Bewegung auszulösen und das Leben zu vernichten. Nun scheint diese schädliche Kraft nur den intensiven Reizen in hohem Grade zuzukommen; die Bewegung aber wird, wie wir gesehen haben, besser gefördert durch Wiederholung der Stösse, als durch Verstärkung derselben. Bei den seltenen Reizen, welche starke Ströme erfordern, um überhaupt wirksam zu werden, ist daher der schädigende Einfluss merklicher, als bei frequenter Stromfolge.

Wie haben wir uns die Summation der Bewegungen vorzustellen?

Einige wichtige Aufschlüsse können wir, wie ich glaube darüber gewinnen, wenn wir die schon erwähnten Erscheinungen der »vorläufigen Reflexe« betrachten.

Türck sagt in seiner schon wiederholt erwähnten Arbeit[2]) »Sehr häufig erfolgt eine kräftige Streck- und Beugebewegung der in die Säure getauchten Extremität (des Frosches) nicht plötzlich, sondern es gehen ihr erst geringe, langsame Bewegungen voraus.« »Es wurden dadurch für jede Hinterextremität zwei Ziffern erhalten z. B. 12—17 Secunden Latenz an der normalen, 7—12 an der hyperästhetischen.

---

1) Arb. aus d. physiol. Anstalt zu Leipzig 1871 S. 261.

Die von *Funke* (*Pflügers* Archiv f. Physiologie Bd. VIII. S. 247) bemerkte Abweichung ist nur eine scheinbare. Die Schliessungsinductionsschläge, welche daselbst mit den zugehörigen Oeffnungsschlägen als gleichwerthig maximal angesehen werden, waren eben nicht maximale, wie sich daraus ergiebt, dass sie früher unwirksam werden, als die letzteren und wohl auch schon anfangs kleine Höhendifferenzen zeigen. Die in Fig. 22 (a) (Tafel III) als Beispiel facsimilirte Schliessungszuckung ist von der dazu gehörigen Oeffnungszuckung der Höhe nach relativ mehr verschieden, wie die von *Kronecker* (l. c. S. 260 Fig. 30) als maximal und untermaximal bezeichneten Zuckungen.

2) l. c. Separatabz. S. 3.

Sanders-Ezn[1]) bespricht »die Wiederholung derselben Bewegung bei anhaltender (chemischer) Reizung« in einem besonderen Capitel. Er findet zwischen dem ersten und zweiten Erscheinen derselben Muskelbewegung stets eine deutlich wahrnehmbare Pause, welche um so kürzer währt, je grösser die Reizbarkeit ist. »Dieses abwechselnde Verschwinden und Erscheinen einer Bewegung zeigt an, dass der Reiz, obwohl er continuirlich besteht, dennoch nur periodisch seine auslösende Wirkung äussert.« Er beobachtete öfter, dass wenn zwei gleiche, schwächere Reize kurz nach einander applicirt wurden, die auf den letzteren folgende Bewegung energischer war als diejenige, welche nach dem ersteren Reiz auftrat. Als die wahrscheinlichste Erklärung dafür hält er: »dass die vom ersteren Reiz disponibel gemachten Kräfte bei der darauf folgenden Bewegung nur theilweise ausgelöst wurden, während der restirende Theil sich zu denjenigen Kräften summirte, welche durch den zweiten Reiz disponibel wurden.«

Eine analoge Erscheinung hatte *Eduard Weber* beobachtet,[2]) als er die Wechselströme des elektromagnetischen Rotationsapparates durch einen Froschunterschenkel schickte, welcher nur durch den Ischiadicus mit dem Rumpfe in Verbindung war. *Weber* fand (wie am Eingange dieser Arbeit berichtet ist) dass eine namhafte Zeit verging, ehe die Bewegungen erfolgten, »dass ferner, ungeachtet die Einwirkung des Rotationsapparates ununterbrochen fortdauerte, die Muskelbewegungen vorübergingen, Pausen zwischen sich liessen, und wieder kamen, als ob das Thier wirkliche Anstrengungen machte, dass endlich auch nicht immer dieselben Muskeln in Bewegung geriethen.«

Aehnliche Eigenthümlichkeiten haben *Setschenow* sowie *Nothnagel*[3]) bei elektr. Reizung des centralen Ischiadicusstumpfes bemerkt. — Bei schwacher Reizung mit tetanisirenden Strömen des Schlitteninductorium sah *S.* sogleich nach dem Beginne nur eine einzige flüchtige Bewegung der vorderen Extremitäten, oder hierauf noch eine Reihe Secundenlang währender, zitternder Zuckungen; danach Ruhe. Mittelstarke Reizung gab sogleich an beiden vorderen Extremitäten starke Bewegung, welche sodann

[1]) Arb. aus der physiol. Anstalt zu Leipzig 1867 S. 29.

[2]) Art. Muskelbewegung, *Wagner's* Handwörterbuch der Physiologie Bd. III. Abth. II. 1846. S. 19.

[3]) Zur Lehre vom klonischen Krampf. *Virchow's* Arch. Bd. 49. S. 276.

einen tetanischen Charakter annahm, um nach einigen Secunden, wie im vorigen Falle, absoluter Ruhe Platz zu geben. »Dauert die Reizung nichts desto weniger weiter, so sieht man nach Verlauf einiger Zeit (manchmal nach 1—2 Minuten) eine tetanische Welle in den Körper des Frosches hereinbrechen, welche gewöhnlich an den Resten der Femoralmuskeln der gereizten Seite beginnt, sich von hier aus auf die Bauchmuskeln und die anderen Extremitäten fortpflanzt und in Form eines starken, andauernden Strecktetanus endet. Später folgen dann ungeordnete Bewegungen.« »Bei starker Reizung wird die erste Bewegungsphase übergangen. Anstatt ihrer sieht man höchst unbedeutende Bewegung in den Extremitäten mit nachfolgender Ruhe von einigen Secunden, oder ein sofortiges Auftreten der zweiten Bewegungsphase in Form einer tetanischen Hebung der Extremitäten mit nachfolgendem Strecktetanus.« *Setschenow* erklärt die Ruhe nach dem ersten Anfall für eine Hemmungserscheinung, hervorgerufen durch den starken Reiz: denn wenn die Reizung des Nerven im Anfange der Ruheperiode unterbrochen wird, so bekommt man immer als Nachwirkung eine (manchmal sogar sehr starke) tetanische Streckung der Arme.

Einen Fortschritt in der Analyse des Vorgangs der Summation machte *Setschenow* durch Reizung des centralen Ischiadicusstumpfes mit einzelnen elektrischen Schlägen. Er sagt[1]) »unterbricht man constante galvanische Ströme (welche zu schwach sind, als dass Schliessung und Oeffnung derselben einzeln zu wirken vermochte), beispielsweise 60 Mal in 1 Minute, so tritt nach einiger Unterbrechung die erste Zuckung noch schwach und in einer beschränkten Anzahl von Muskeln ein, die zweite, dritte u. s. w. werden immer stärker und ausgebreiteter, bis endlich eine Bewegung der ganzen Extremität zu Stande kommt, aber auch jetzt sieht man dennoch oft eine jede Stromesschwankung durch eine Zuckung der in der Bewegung begriffenen Extremität beantwortet.

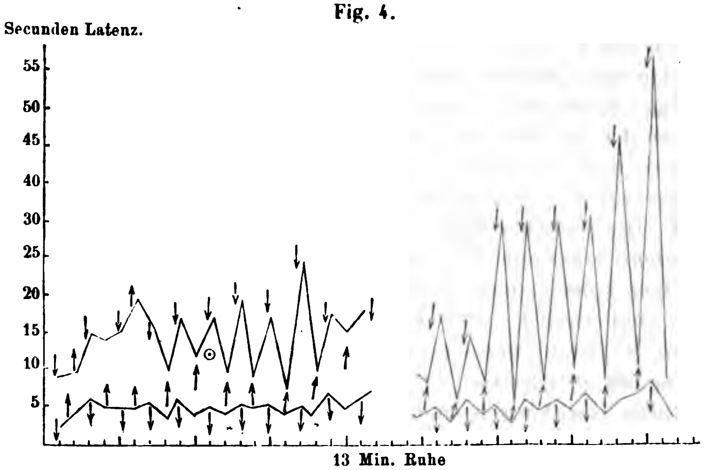
In keiner der besprochenen Arbeiten finden sich genauere Angaben über das zeitliche Verhältniss, in welchem die während einer Reizperiode ausgelösten Reflexe zu einander stehen.

Die Tabelle II (S. 384) dieser Abhandlung führt schon einige Werthe auf, welche bei mässiger Reizfrequenz ($\frac{1}{4}''$) ein ziemlich

1) l. c. S. 11.

schnelles Anwachsen der Latenzzeiten, der vorläufigen, wie der endgültigen Reflexe zeigen. Durch Fig. 4 ist sodann eine Versuchsreihe dargestellt, wo in jeder Reizperiode die vorläufigen Reflexe aufgetreten sind. Die charakteristische Curve dieser Latenzzeiten, welche ich dort nicht besprochen habe, sei hier noch einmal wiedergegeben.

Fig. 4.



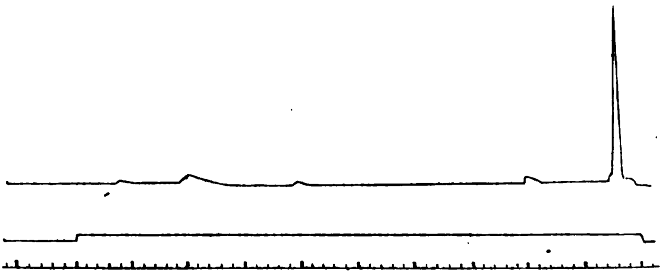
Das Reflexpräparat reizen Schliessungsinductionsschläge von 20 E Intensität in 1/2″ Intervall. Die Reizperioden folgen einander in Pausen von 3 Minuten, abwechselnd in absteigender (↓) und aufsteigender (↑) Stromesrichtung. Die Abscissenstriche markiren Reizperioden, die Ordinatenmarken je 5 Secunden latenter Reizung. Die untere Curve bezeichnet die Latenzzeiten vorläufiger (schwacher) reflectorischer Zuckung, die obere verbindet die Puncte endgültiger (starker) Erregung.

Der Verlauf der unteren Curve weicht in auffallender Weise von demjenigen der oberen ab. Während diese durch ihre grossen Zacken anzeigt, dass die Latenzen für die absteigenden Ströme schnell zu sehr grossen Werthen anwachsen, halten sich die Latenzen der vorläufigen Reflexe in engen Grenzen (3″—8″), obwohl auch hier eine geringere Wirkung der absteigenden Ströme merklich ist. Uebrigens hatten in dieser Versuchsreihe die vorläufigen Reflexe eine eigenthümliche Form. Es waren nicht schnell vorübergehende Zuckungen, sondern leichte aber andauernde Hebungen des Fusses, welche ganz allmählich wuchsen, zu welcher sich dann schwache Kniebeugungen gesellten, bis plötzlich die Beuger am Fuss, Unterschenkel und Oberschenkel stark contrahirt wurden, wonach gewöhnlich die Reizfolge abgebrochen wurde und der Schenkel plötzlich in die Ruhe-

lage zurück sank. In vielen Versuchen dieser Reihe, wo die Reizung sehr lange dauern musste, bevor es zum endgültigen starken Reflexe kam, wich die schwache tonische Contraction einzelnen, kleinen, in langen unregelmässigen Pausen folgenden Zuckungen (deren Latenzen in Figur 4 nicht markirt sind), zwischen denen die vom Trittbretthebel gezeichnete Curve wieder mit der Abscissenlinie sich vereinigte. Diesen Tonus, welcher an den von *E. Cyon*[1]) vertheidigten erinnert, habe ich in einigen Experimenten bei Reizung der Haut mit seltneren Inductionsschlägen beobachtet, mehreremals auch während tetanisirende Ströme den Schenkel trafen. In der Regel aber blieben die vorläufigen Reflexe von einander und vom definitiven getrennt. Ihr Verlauf ist zuweilen flach, meist aber steil auf- und absteigend. Der zeitlichen Folge nach treten zweierlei wesentlich verschiedene Arten auf: 1) in grösseren regelmässigen oder unregelmässigen Pausen, meist derart, dass alle vorläufigen Zuckungen klein sind (Grad I), oder dass die späteren grösser sind als die ersten, 2) (nach kürzerer oder längerer Latenz) in Intervallen, welche mit allen Reizen, oder wenn diese ungleich stark, mit den stärkeren isarithmisch sind. Diese vorläufigen Zuckungen sind fast immer 1sten Grades.

Von der ersten Art giebt folgendes Facsimile Fig. 9 eine Probe.

Fig. 9.



15 E ½'' Int.

Der Schenkel eines Reflexfroschprärarates mit 5 Gramm belastet und an den Zeichenhebel gebunden, durch Wechselinductionsströme von 15 E Intens., im Intervall v. ½'' gereizt, schreibt seine Hebungen auf die oberste Linie des unendlichen Papieres.
Die mittlere durch den Nebenschlüssel gezogene Linie wird nach oben geknickt, sobald der Reiz dem Schenkel zugeleitet, und nach unten, wenn er abgeleitet wird. Auf der untersten Linie sind Secunden markirt.

[1]) *Pflüger's* Archiv Bd. VIII. 1874. S. 348.

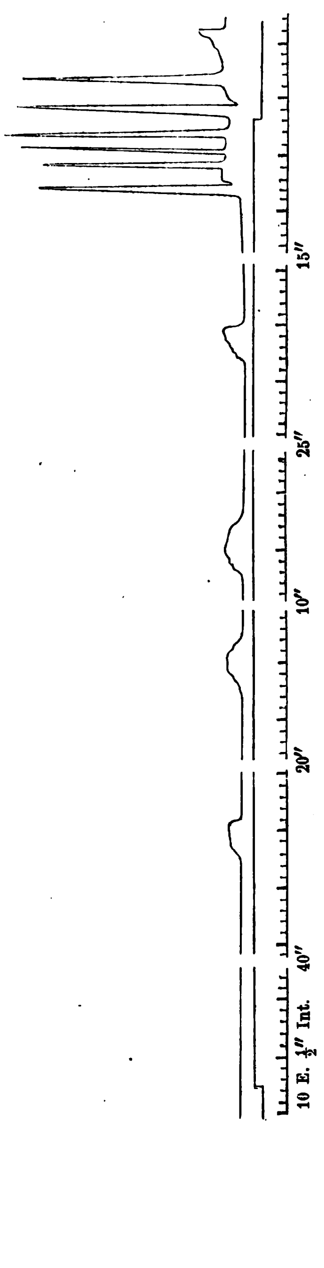
Hier folgte 3,5" nach Beginn der Reizung die erste kleine Pfotenhebung, dieser nach 6" eine wenig stärkere, dann nach Pausen von 9" und 20" je eine vereinzelte schwächere, endlich nach 48" Latenz eine starke Hebung des ganzen Schenkels (Zuckungsgrad III).

Nach kurzer Ruhe vermochte dieser Schenkel auf häufigere Reize ($\frac{1}{4}$" Intervall) derselben Stärke nach 4" Latenz mit einer hohen Zuckung zu antworten, welcher auch bei anhaltendem Reize keine mehr folgten.

Bis zu welchem Grade aber im erregbarem Präparate eine seltene Folge schwacher Reize sich zu steigern vermag, zeigt die facsimilirte Fig. 10, die wegen absonderlicher Länge der Originalcurve in abgebrochenen Stücken hat dargestellt werden müssen.

Wir sehen, dass bis zur ersten vorläufigen Zuckung (Grad I) 57 Secunden lange Reizung erforderlich gewesen ist; von da ab bis zur zweiten fernere 33" währende Schlagfolge, sodann bis zur dritten eine Reizdauer von 18", hierauf bis zur

Fig. 10.



Der Schenkel des Reflexpräparates, befestigt, wie unter Fig. 9. beschrieben ist, wird mit Inductionsschlägen von 10 E in ½" Intervall gereizt. Die mittlere Linie und die untere (Zeit) Linie haben die gleiche Bedeutung wie in letzter Figur. Die Zahlen der Secunden, welche den ausgeschnittenen Stücken entsprechen, sind jedesmal an die betreffende Stelle gesetzt.

14ten 13" Erregungszeit. Nach ferneren 27 Reizsecunden macht der Schenkel eine Reihe heftiger Hebungen und Senkungen, und kommt, auch nachdem der Reiz aufgehört hat, nicht sogleich zur Ruhe.

Wird nach so heftiger Entladung weiter gereizt, so bleibt auch ein erregbarer Schenkel bei mässiger Reizintensität und Frequenz längere Zeit in Ruhe. Dann kann es zu neuer, vielleicht auch starker, aber wohl kaum nochmals zu krampfartig wiederholter Entladung kommen. So gab z. B. der Schenkel welcher das Original von Fig. 10 geschrieben hatte, später, durch Ströme von 10 E $\frac{1}{4}$" Int. erregt, nach 2,5" Latenz einen starken Reflexkrampf von 8,5" Dauer, dann blieb der fortwirkende Reiz 35" latent, brachte aber nun eine Zuckung vom Grad III hervor, sodann jedoch während 2 Minuten langer Reizung nicht mehr. Dabei war der Schenkel keineswegs abgestorben, denn leichte mechanische Reizung weckte noch gegen Ende dieser Erregungsperiode starken Reflex. Ebenso war nach Ruhe von einigen Minuten der gleiche Reiz fähig, binnen 1,5" wiederholte hohe Zuckungen (Grad IV) zu veranlassen; hiermit war aber die Beweglichkeit für die ganze übrige Reizzeit von fast 3 Minuten erschöpft. Ruhe von 6 Min. gab dem Schenkel hohe und prompte Erregbarkeit zurück. — Es bedarf aber nicht einmal der minutenlangen Ruhe. Auch 10" schafften dem Präparate einen hohen Grad seiner Reflexfähigkeit wieder. Hierdurch wird bewiesen, worauf ich schon oben (S. 416) hingedeutet habe: dass auch untermaximale Reize das Reflexpräparat ermüden. Zur Erholung braucht man aber nur sehr kurze Zeit.

Was von denjenigen Reflexen berichtet worden ist, die auf den elektrisirten Schenkel beschränkt bleiben, gilt auch für die auf den zweiten Schenkel ausgebreiteten, welche nach intensiver oder längerer Reizung einer Hautstelle entstehen.

Wird ein Schenkel schwach erregt, sei es, dass schwache Reize ihn treffen, oder dass seine Reizbarkeit abgenommen hat, so bleibt nicht nur seine Erregung länger latent, sondern sie pflanzt sich auch nicht mehr auf den anderen Schenkel fort. Zumal macht sich diese Eigenthümlichkeit geltend, wo nach einer vorläufigen Anfangszuckung eine zweite folgt. — Wenn die zweite stärker ist, so beginnt nun der andere Schenkel mit dem ersten die starke Bewegung. Hat aber längere Reizung für den ersten keinen Effect, so bleibt auch der zweite ruhig. Schreitet die

Ermüdung weiter fort, so nimmt auch an der starken zweiten Contraction der andere Schenkel nicht Theil. Aber es kann auch im vorgerückten Ermüdungsstadium nach längerer Latenz noch eine starke wiederholte Zuckung beider Schenkel zu Stande kommen. Hierauf haben die nervösen Centren in grösserer Ausdehnung ihre Erregbarkeit zeitweilig oder unwiederbringlich eingebüsst.

Könnte man nun den Reiz vielleicht so wirken lassen, dass sich seine bewegende Kraft summire, nicht aber sein schädlicher Effect? Es scheint dieses Postulat eine Contradictio in adjecto zu involviren. Denn wenn die Bewegung von Reiz zu Reiz gehäuft wird und nur die ausgelöste Bewegung, nicht das auslösende Moment ermüdet, so dürfte nur in dem Maſse, als die interne Thätigkeit wächst, auch die Erschöpfung zunehmen. Wenn man dagegen die Reflexentladungen als resultirende Effecte von unabhängigen, widerstreitenden Kräften: beschleunigenden und hemmenden ansieht, so stände nichts im Wege, sich vorzustellen, dass bei einer gewissen Reizfolge die Hemmungen sich nur in verschwindender Weise zu sammeln im Stande wären, indessen die Bewegungsimpulse die Intervalle gut überdauerten: es könnte durch passend geordnete Pausen den anregenden Nerven noch die kleine Erholungszeit gewährt werden, welche den hemmenden nicht genügt. Nach den früheren Erörterungen dürfte man daran zweifeln, dass eine Reizfolge existire, bei der die Nachwirkung der Stösse über eine ganz kurze Zeit dauert. Das möglich grösste Reizintervall habe ich ja mit 2,5″ bezeichnet, und bei dieser Gelegenheit grade hervorgehoben, dass Reize, welche so seltene Folge vertragen, ohne ihren nachhaltigen Effect einzubüssen, sehr stark sein müssen, und in Folge dessen die Erregbarkeit schnell vernichten. Nun hatten wir aber aus eignen und anderer Forscher Erfahrungen ersehen, dass heftige Reflexkrämpfe den Reiz überdauern, zuweilen in erheblichem Grade. Es schien also, dass zu beträchtlicher Intensität gesteigerte interne Bewegungen länger nachwirken, als einzelne Stösse.

Es musste also möglich sein, gewissermaſsen Summen zu summiren; solche mussten grössere Reizintervalle vertragen. In der That ist es uns gelungen, bis über 12 Secunden Ruhezeit hinaus die Nachwirkung der reflectorischen Erregung sichtbar zu machen. Das träge Präparat brauchte starke Reize: 1000 Ein-

heiten im Intervall ½". Die kleine Versuchsreihe ordnet sich am bequemsten wieder tabellarisch:

	Dauer der:				
Ruhepause,	latenten Reizung,	Reizungs-Periode,	ganzen Contraction,	nach dem Reizende bleibenden Contraction,	Maximale Höhe der Curve.
	1,0"	10,5"	12,0"	2,5"	12,0 Millm.
12,5"	2,0"	8,0"	8,0"	2,0"	9,0 »
10,0"	2,2"	6,0"	6,2"	2,4"	5,0 »
11,0"	2,3"	6,0"	6,0"	2,7"	6,0 »
12,5"	2,5"	6,0"	6,0"	2,5"	5,5 »
10,3"	2,0"	7,0"	4,2"	0	57,0 »
12,0"	3,0"	13,5"	10,0"	0	2,0 »

So häuften sich die Erregungen von Periode zu Periode, ohne dass die Höhe der vorläufigen Zuckungen etwa zugenommen hätte, oder auch die Länge der sichtbaren Nachwirkung beträchtlich gewachsen wäre. Nach der starken Entladung aber waren überhaupt nur noch ein paar kleine Reflexe zu erzwingen. Man darf daher kaum zu der Annahme seine Zuflucht nehmen, dass in diesem Falle nicht die Erregung, sondern nur die Erregbarkeit durch die Reize gesteigert worden sei. Es ist kaum zu glauben, dass so ausserordentlich starke Reize, welche das Präparat bald abzutödten im Stande sind, die Erregbarkeit zuvor noch gesteigert haben sollten. Es ist wohl am wahrscheinlichsten, dass von den zunächst erregten nervösen Centraltheilen aus benachbarte in Mitschwingung versetzt werden, und diese Bewegung, wenn der äussere Anstoss fortdauert, immer weiter geht (daher die Reflexe sich ausbreiten). Wenn schon eine grosse Masse in Schwingung gerathen ist, kann auch der primäre Impuls kurze Zeit entbehrt werden, ohne dass sogleich Alles in Stillstand geräth. Die kräftigen neuen Anstösse, welche nach mehreren Ruhesecunden die etwas erholten Nervenenden treffen, vermögen dem ganzen System die zuvor erreichte Amplitude wieder zu geben, dann sie zu vergrössern. In gleichmässigen, längeren (2"—2,5") Intervallen folgende, einzelne, starke Reize dagegen verschwenden ihre Kräfte. Die Vibrationen, welche durch die einzelnen Impulse geweckt werden, bewahren nicht lange ihre Intensität und bleiben local. Nur schwer gelingt es daher seltenen Stössen, den kleinen Rest so zu vergrössern, dass es zu ausgebreiteten Bewegungen kommt, während durch häufige Reize (z. B. ¼") nur mässiger Stärke das Präparat nicht selten sogar zu den complicirten schein-

bar zweckmässigen Wischbewegungen gebracht wird, wie sie bei chemischen Reizen so auffallend sind.

Die starken Reize ermüden besonders die peripheren Nerven und so wird auch der von diesen ausgehende Stoss schwächer. Daher kommt es, dass vorläufige Reflexe häufig zu den Zeiten ausbleiben, wo sie nach Analogie vorhergehender und folgender Reizperioden eingetreten sein sollten (vergl. Fig. 5 und 6 S. 405 und 407). Eine geringe Schwächung des Inductionsstromes oder der Sensibilität der Nerven genügt, um den Reiz von der meist nur knapp erreichten Schwelle zurückzuhalten. Im Gegentheil vermag oft eine ganz schwache Hülfe, zuweilen sogar leise Berührung (mit Pinsel oder Finger) während der elektrischen Reizung einen Reflex auszulösen. Die zuweilen scheinbar spontan auftretenden Bewegungen des Reflexpräparates habe ich schon früher (S. 387) als Summationszuckungen zu deuten versucht. —

Die Hemmungshypothese erscheint mir daher für die hier betrachteten Vorgänge entbehrlich.

Als zweite Kategorie von vorläufigen Reflexen habe ich oben die regelmässigen mit den stärkeren Reizen isarithmischen Zuckungen angeführt. Sie treten sehr häufig auf, zumal wenn die Haut mit mässig frequenten und intensiven Schlägen gereizt wird. Ihre Grösse ist meist sehr gering, zuweilen aber auch recht bedeutend. Es macht gewöhnlich den Eindruck, als ob die Pfote durch directe Reizung ihrer Muskeln bewegt würde; aber man kann sich bei genauerer Prüfung davon überzeugen, dass auch diese Contractionen reflectorische sind; denn bei ermüdeten Präparaten treten sie erst nach merklicher, zuweilen nach langer Latenz auf, und wechseln häufig periodisch ihre Stärke: eine Erscheinung die wir bald näher würdigen werden.

Es ist daher die (S. 378 schon erwähnte) Besorgniss des Herrn *Meihuizen,* man werde bei elektrischer Reizung der unversehrten Haut directe und Reflexzuckungen nicht unterscheiden können auch für diesen Fall der rhythmischen vorläufigen Reflexe unnöthig. Sehr starke Reize wirken natürlich auch auf die tiefere Musculatur. Wenn die Reflexerregbarkeit dem Erlöschen nahe war, sahen wir häufig die starken Ströme durch eine Streckung der Pfote beantwortet. In einigen Fällen war auch diese Bewegung unzweifelhaft als reflectorische anzusprechen denn sie trat nach längerer Latenz ein und war auch durch

Kneipen der Zehen desselben oder des anderen Fusses zu wecken. Aber auch nach gänzlicher Reflexerschöpfung streckte sich die durch starke Ströme gereizte Pfote, spreizten sich die Zehen; unzweifelhaft in Folge von directer Muskelreizung.

Die vorläufigen rhythmischen Reflexe haben wir sowohl mit dem (S. 378) beschriebenen Apparate, als auch, der besseren Uebersicht wegen, an dem Cylinderkymographion beobachtet. Hier war es uns möglich, Reihen von nahe 100 Reflexversuchen auf ein Blatt zu vereinigen. Da mussten wir aber auf Raumersparniss bedacht sein und haben deswegen den Zeichenhebel zwischen eine Hemmung geschlossen, welche ihm nur kleine Excursionen erlaubte. Die Pfotenbewegungen unterscheiden sich hier von den Schenkelhebungen wesentlich durch ihre Flüchtigkeit. Der Zuckungsgrad wurde übrigens an die betreffende Curvenstelle während des Experimentes notirt. Die folgende Figur 11a und 11b, (welche um der Raumvertheilung willen in 2 Stücke zerlegt ist) giebt Beispiele von so registrirten Curvenstücken.

Fig. 11a.

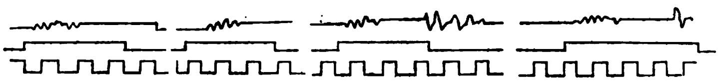
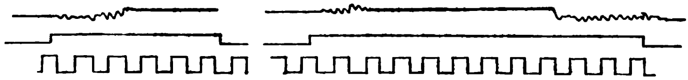


Fig. 11b.



Die Pfote des aufgehängten Reflexpräparates ruht auf dem nur in engen Grenzen beweglichen Zeichenhebel. Dieser zieht die oberste Linie (in der Figur von links nach rechts) gradlinig, solange er in Ruhe ist, wellig, wenn er durch Pfote und Gegengewicht rhythmisch ab- und aufgedrückt wird. Die Mittellinie bezeichnet durch hohen Verlauf, dass die Haut mit Inductionsschlägen von 35 Einheiten in $\frac{1}{4}''$ Intervall gereizt wurde; durch tiefen, dass die Reize abgeblendet waren. Die unterste Linie markirt Secunden, in halbe getheilt.

Fig. 11a giebt benachbarte Curvenstücke, die früheren Ermüdungsstadien zugehören, Fig. 11b solche aus etwas späteren wieder.

Die kleinen Verhältnisse der Zuckungscurven verlangen genaue Betrachtung, um die Details erkennen zu lassen. Aber schon bei flüchtiger Ansicht der 2 Figuren bemerkt man, dass in den herausgegriffenen Fällen nach latenter Reizung von 0,2 bis 0,6 Secunden die rhythmischen Reflexe begannen, und nach

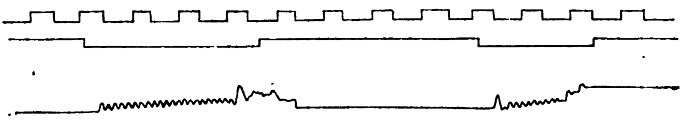
einer Gesammtlatenz von 1,3″ — 1,8″ in die endgültige Schenkelhebung übergingen, so dass nun der befreite Hebel in ein klein wenig höherer Lage seine Ruhelinie zeichnen konnte.

Wenn der Reflextetanus gelöst war und der Schenkel schnell auf den Hebel zurück fiel, dehnte dieser die (aus einem starken Gummiring gefertigte) Hemmung etwas nach unten und kehrte erst nach einer, wohl auch mehreren Nachschwingungen zur Ruhelage zurück, wie man es in der 3ten und 4ten Periode der Fig. 11a bemerken kann. So ist Anfang und Ende des Reflextetanus meist präcis markirt. Nur wenn die Contraction sehr flach an- und absteigt, muss die subjective Beobachtung den Apparat controlliren. In den 2 vorgeführten Versuchscurven der Fig. 11 erkennen wir, dass die Latenzzeiten der vorläufigen Reflexe ziemlich die gleichen geblieben sind (0,2″—0,4″), dass jedoch die endgültigen Reflexe im Allgemeinen längerer Latenzzeiten bedürfen 1,9″ bis 2,2″. Zugleich lässt der zweite Versuch erkennen, dass bei länger dauernder Reizung der endgültige Reflextetanus wieder nachlässt und nun wiederum rhythmische Contractionen der Pfote erfolgen.

Die Grenzwerthe der in der ganzen Versuchsreihe bestimmten Latenzzeiten zeigen noch viel grössere Differenzen. Die Endreflexe des frischen Präparates traten auf starke Reize (70 E) nach so kurzer Zeit ein, dass für deren Messung die gewählte Geschwindigkeit der Kymographiontrommel nicht genügte, während in den höchsten Ermüdungsstadien 12 Secunden latente Reizung constatirt werden. Auch die vorläufigen Reflexe machten sich zuweilen erst nach Latenz von mehreren Secunden bemerklich.

Die nächste Figur 12 führt eine Probe sehr gleichmässigen Pfotentanzes vor.

Fig. 12.



Reflexpräparat durch Inductionsschläge von 100 E und 125 E in $\frac{1}{8}$″ Intervall mit Hülfe einer vibrirenden Klinge gereizt. Apparat wie in der vorigen Figur. Nur sind Reizlinie und Zeitmarkirlinie über der Zuckungscurve gezogen, und die Mittellinie bezeichnet durch ihr Absteigen den Beginn des Reizes.

In diesem Falle beantwortete die Pfote nur jeden zweiten Reiz (Oeffnungsschlag) und reagirte auf die Schliessungsschläge gar nicht sichtbar, genau wie ein überlasteter, schwach gereizter oder sehr ermüdeter Muskel. Die reflectorische Natur dieser Zuckungen ist auch hier durch die Länge der latenten Reizung bewiesen. Ausserdem zeigen auch fernere Reflexperioden des Präparates ein Anwachsen der anfangs unmerklichen, rhythmischen Zuckungen, was ich bei Muskelreizungen solcher Frequenz niemals wahrgenommen habe. An obiger Figur ist noch die lange Reihe der Pfoten-Vibrationen vor Auslösung der hohen Reflexcontraction bemerkenswerth. Die benachbarte Curve, welche bei Reizstärke 125 E erzeugt worden ist, enthält ein viel kürzeres Stadium der vorläufigen Reflexe, d. h. die Latenz bis zum endgültigen Reflexe ist kürzer als bei stärkerer Reizung.

Wir haben auch eine andere sehr empfindliche Methode angewendet, um die zeitliche Folge der leisesten reflectorischen Zuckungen zu registriren: Auf den Ankerbalken eines *Schortmann*'schen Relais [1]) wurde eine dünne Korkplatte gesetzt, welche die Zehen des Präparates berührte. Die Platinspitze am Gegenende des empfindlich balancirenden Balkens taucht in ein Quecksilbernäpfchen, sobald die Pfote den Doppelhebel entlastet.

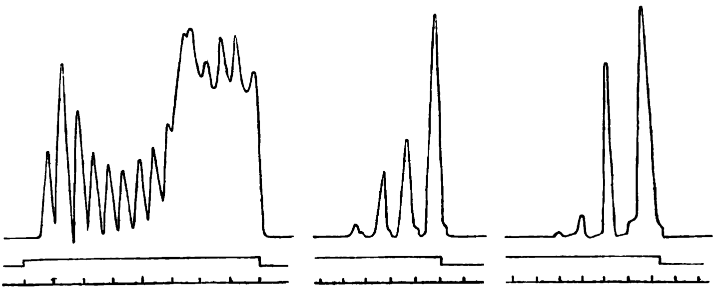
Wird hierdurch ein Strom geschlossen, so notirt der mit Schreibspitze versehene Anker eines kleinen Elektromagneten an der Kymographiontrommel den Moment der Hebung, und man erhält bei der rhythmischen Zuckungsfolge kleinzackige Curven, bei den längeren Contractionen hochgradiger Reflexe lange Marken. Für Messungen sind diese Curven sehr bequem, wegen der Schärfe des notirten Momentes, für den Anblick sehr langweilig charakterlos, weshalb ich davon keine Probe gebe. Diese Vorrichtung gestattet auch jede Manipulation am Präparate während des Experiments, weil man beliebig entfernt vom berussten Kymographion bleiben kann. Endlich wäre sie wohl empfehlenswerth für Demonstration vor grossem Hörerkreis, weil eine elektrische Glocke sehr präcis die Folge der Reflexe markirt, wenn man sie klingeln lässt, solange der Schenkel gehoben ist. Es liegt jetzt die Frage nahe: Sind diese rhythmischen Reflexe fundamental verschieden von den früher betrachteten, einzelnen, vorläufigen?

---

[1]) s. bei *Bowditch*, Arbeiten aus der physiologischen Anstalt zu Leipzig 1871. S. 142.

Auf den letzten Blättern habe ich schon die Ansicht vertheidigt, dass jeder Reiz einen Zuwachs zur Bewegung der Reflexcentren setzt, dass mehrere Einzelstösse sich summiren bis die Reizschwelle überschritten wird, und ein vorläufiger Reflex erscheint, dass dann die Summation weitergeht, bis eine endgültige Zuckung oder ein Krampfanfall die Reaction abschliesst. Also nicht durch jede kleine Zuckung wird die fernere Bewegung aufgehoben, sondern nur durch starke Entladungen. Warum sollte nicht auch jeder Reiz, nachdem durch Summation einiger die Schwelle einmal erreicht ist, seine kleine Entladung zur Folge haben, deren Reste sich dann bis zum Endreflexe steigern, ähnlich wie wir in Tabelle VI die primären kleinen Reflexsummen weiter zu grossen secundären sich häufen sahen? Es gehörte dazu nur grosses Gleichmaſs der Reize und Erregbarkeit. — Somit wäre dieser Vorgang als ein besonderer Fall der gewöhnlichen dargestellt Die Anschauung vermag ich damit zu begründen, dass ich einige Entladungsformen vorlege, welche den Uebergang der vereinzelten Reflexe in die rhythmischen zeigen.

Fig. 13.



30 E ½″ ½″ 20 E

Die Originale dieser verjüngten Zuckungscurven haben nach einander 2 Reflexpräparate, deren Fussgelenke durch angeknüpften Faden mit dem Schreibhebel verbunden waren, auf unendliches Papier gezeichnet. Das eine Präparat war durch Inductionsströme von der Intensität 30 E in Intervallen von ½″ gereizt worden, das andere bei Stromstärke 20 E in ½″ Intervall. Die mittlere Linie zeigt durch höheren Verlauf die Reizzeit an. Die unterste Linie markirt Secunden.

Die erste Curve zeigt eine ganze Reizperiode mit den synarithmischen, ziemlich starken Reflexen, die nach kurzer (fast 1″) Latenz anheben, sich nach 5″ Latenz zu einem Krampf verstär-

ken, an dessen Curve noch die ihn componirenden Impulse zu erkennen sind.

Die zweite Curve stellt eine Gruppe von Reflexzuckungen dar, welche nach 5" langer latenter Reizung durch Inductionsschläge vom Intervalle $^1/_2$" zum Vorschein gekommen waren. Die vorläufigen folgen einander in Intervallen von etwa 1" und wachsen schnell zur endgültigen Contraction. Die dritte Gruppe endlich giebt das Endstück einer längeren Reizperiode (20 E $^1/_2$" Intervall) wieder, in welcher vor dieser Entladung noch vereinzelte vorläufige nach resp. 13" (Grad I), 14" (Grad II), 20" (Grad II), 28" (II), 31" (II) erfolgt waren; dann geschah die erste kleine Unterschenkelhebung dieser Gruppe. Nach 38" Gesammtlatenzzeit und in Zwischenräumen von 1"—1,5" kam es zur vollen Entladung (welche die vorletzte noch um mehr übertrifft, als hier bei dem immerhin beschränkten Umfange der Figuren angegeben werden konnte). Es sind also hier Unterschenkelhebungen, welche vereinzelt oder in rhythmischer Folge dem Endreflexe vorausgehen. Diese vorläufigen sind bei relativ schwachem Reiz so gross, dass man bei ihnen wohl schwerlich auf den Gedanken kommen wird, sie seien durch Stromesschleifen veranlasst, welche als directe Muskelreize bis auf die Beuger des Unterschenkels sich ausbreiteten. Die weiterhin zur Erläuterung einer verwandten Frage dienende Figur 14 giebt noch ein Beispiel für eine rhythmische Folge kleinerer Reflexe, welche aber ebenfalls vom Unterschenkel gezeichnet sind. Es findet sich in meinen Versuchscurven noch eine Anzahl von Bildern, welche als Uebergangsstufen der vorgetragenen Varianten dienen können. Ich habe Reihen von grossen, im halben Rhythmus der Reize folgenden Reflexe oder rhythmische gruppirte, welche mit einzelnen abwechseln etc. — In der Fig. 8 war ein Beispiel mitgetheilt, in welchem von der Mitte der Reihe ab in jedem Versuche ein schwacher (I) Anfangsreflex auftrat, welchem nach einer Pause der starke (III) folgte; auch in der Latenzcurve Fig. 6 sind durch Ringel ⊙ einige vorläufige, in sehr ungleichen Distanzen folgende Reflexe angedeutet, neben solchen, wo nur einfache Entladung zu erreichen war. Vergleicht man diese Modificationen, so wird man die Brücke von den einfachen endgültigen Entladungen zu den isolirten Reflexen der Figuren 9 und 10, von da zu den rhythmischen der Figuren 11 und 12 finden und zu dem Schlusse kommen, dass zwischen den Grenzformen eine durch die

Reizzahl bestimmbare Menge von Combinationen möglich ist; wenn man aber die continuirlich variable Zuckungshöhe berücksichtigt, eine unendliche Anzahl.

Der einfacheren Betrachtung halber haben wir bisher gewöhnlich den ersten starken Reflex »endgültig« genannt. Mit gewissem Rechte: denn wir haben schon bemerkt, dass bei mittlerer Erregbarkeit und mässigen oder schwachen Reizen dem ersten starken einfachen oder krampfartigen Reflexanfall in derselben Reizperiode gewöhnlich kein weiterer folgt. Anders aber ist es bei sehr erregbaren oder mit intensiven Reizen behandelten Präparaten. Da folgen oft viele sehr hohe Zuckungen in kurzen oder langen Intervallen. Nach einiger Zeit werden die Entladungen kleiner, seltener, unregelmässig und verschwinden gänzlich. Das vorletzte dieser Stadien beansprucht unser besonderes Interesse. Wenn das Präparat nur noch zu mittelstarken oder schwachen Reflexen fähig ist, welche Zuckung haben wir dann als endgültige zu betrachten, wann dürfen wir die Reizung als aussichtslos abbrechen? *Rosenthal*[1]) sieht bei Bestimmung der »Reflexzeit« »ganz ab von solchen Reizen, welche nicht das Maximum der Reflexwirkung geben und vergleicht nur solche Reize, welche grade ausreichen dieses Maximum zu bewirken (»ausreichende Reize«) mit stärkeren (»übermaximalen«)«. In unsern Versuchen hätten wir dies System nicht befolgen dürfen, ohne viele werthvolle Daten zu verlieren. Hätte ich die in den Curven mit I und II markirten Puncte vernachlässigt, so wären zahlreiche störende Lücken geblieben. Man betrachte z. B. Fig. 5. Wie oft sind darin, genau an den erwarteten Orten, statt der maximalen Zuckungen (III), solche vom Grade II oder auch I, andererseits auch stärkere, krampfartige (IV).

Aehnliches findet sich in anderen Beispielen. Es scheint demnach, dass nicht die Stärke oder der Umfang der Reflexzuckung von principieller Bedeutung ist, sondern der Umstand, dass überhaupt eine volle Entladung stattgefunden habe.

Welchen Vorgang haben wir aber eine volle Entladung zu nennen? Dies ist wohl die wichtigste Frage, auf welche wir bisher in dieser Untersuchung gestossen sind.

Wenn wir ein Reflexpräparat beobachten, welches schon

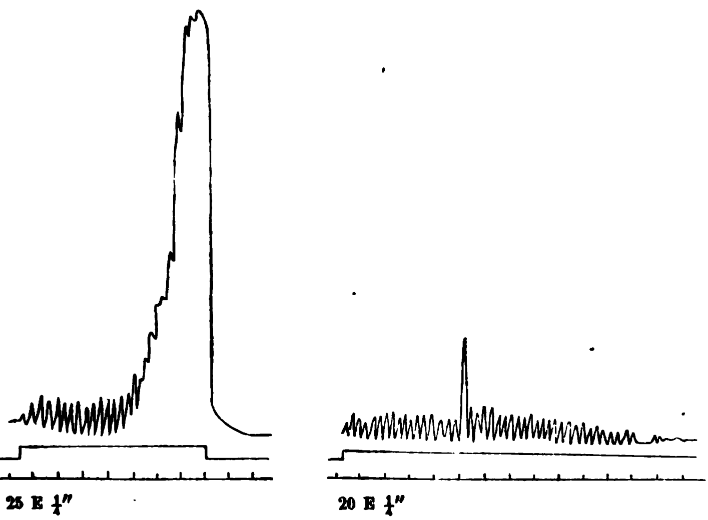
---

1) Sitzungsber. d. phys.-med. Societ. zu Erlangen 1873. S. 18.

ziemlich starker elektrischer Hautreize bedarf, um in Bewegung versetzt zu werden, und wir es mit mässig frequenten Schlägen behandeln, so sehen wir häufig nach kurzer Zeit die Pfote mit in rhythmische Bewegung gerathen. Dieses Taktschlagen im vollen oder halben Tempo der Reize verstärkt sich allmählich; bis ein grosser Reflex erfolgt.

Wenn das Präparat noch rüstiger ist, so beginnt wohl auch der Unterschenkel sogleich das Spiel mit, und zeichnet Curven, wie die erste der folgenden facsimilirten Fig. 14. Ist aber die Erregung schwächer (weil Reiz oder Reizbarkeit abgenommen hat), so kommt es nicht mehr zum grossen Reflexe (Grad III), sondern die Pfoten- oder kleinen Unterschenkelvibrationen verstärken sich nur zu schwacher Unterschenkelhebung.

Fig. 14.



Reflexfroschpräparat mit Inductionsströmen von 25 E und 20 E Intensität, in Intervallen von ¼″ gereizt, schrieb vermittelst des am Fussgelenke hängenden Hebels seine Zuckungen auf das unendliche Papier eines Kymographion. Die mittlere Linie markirt die Reizdauer, die untere Secunden.

Solches Verhältniss stellt die zweite Curve der Fig. 14 dar. — Oder endlich sieht man nur die rhythmischen Pfotenschläge periodisch zu- und abnehmen, ohne dass der Unterschenkel mit bewegt wird. Oft kehrt, wie die vorläufige Reflexzuckung,

so auch solche Schlaggruppe in einer Reizungsperiode mehrmals wieder, und es ereignet sich häufig, dass die erste Gruppe es zwar nicht mehr bis zur Unterschenkelhebung bringt, aber nach mehreren, oft vielen Secunden völliger Ruhe wieder die Pfotenbewegungen anheben und zur Unterschenkelhebung oder auch wohl zur Oberschenkelhebung sich steigern. Hat man in solchen Beobachtungen einige Erfahrungen gewonnen, so kann man es während längerer Reizperiode dem Schenkel ansehen, ob von ihm, bei den waltenden Reizen, noch ein Reflex zu hoffen ist: Wenn die Pfotenschläge spät anheben, nur wenig sich steigern, um bald wieder abzunehmen, das zweite Mal nicht kräftiger, sondern matter als zuvor wiederkehren, und nur noch kleineres Maximum erreichen, so dürfen wir an einem guten Reflexe verzweifeln. Aber auch die gegründete Hoffnung auf eine kräftige Auslösung wird manchmal getäuscht: Der Schenkel ist in bestem Zuge, die Pfotenschwingungen steigern sich mehr und mehr, endlich erfolgt auch ein leises Zucken des Unterschenkels; aber nun sinken die Schläge wieder zum energielosen Wedeln herab und auch in der nächsten Schwingungsgruppe, wenn überhaupt solche zu Stande kommt, bleiben die Pfotenhebungen kraftlos.

Wie *Eduard Weber* am citirten Orte die intermittirenden Bewegungen der reflectorisch erregten Glieder mit denjenigen eines Thieres verglich, »das wirkliche Anstrengungen macht« so möchte ich den ebengeschilderten Vorgang eine Sisyphus-Arbeit nennen: Nahe dem Ziele (der Auslösung eines kräftigen Reflexes) ermattet die Kraft, und die gethane Arbeit wird vergeblich, sie muss von Neuem begonnen werden. Dies scheint mir den Moment der Auslösung zu bezeichnen. Eine einfache oder complexe Auslösung erschöpft den vorhandenen Vorrath. — Dieser kann im frischen Präparate sehr schnell wieder gewonnen werden. Die Spannkräfte werden verfügbar durch die Reize, aufgespeichert durch den regenerirenden Stoffwechsel. Auch die minimalen Erregungen, welche die engst localisirten Reflexe in der Pfote auslösen, scheinen zu ermüden, denn auch diese allein haben wir rhythmisch wachsen und abnehmen und verschwinden sehen, aber diese Abnahme der Erregbarkeit scheint sehr geringfügig zu sein, denn oft halten solche Vibrationen minutenlang an.

Wir können uns vielleicht den Vorgang durch einen ein-

fachen Vergleich klar machen: Ein Pendel bedarf minimalen Anstosses, um ein wenig aus der Ruhelage gehoben zu werden; zurückkehrend vermag es aber auch nur sehr kleine Widerstände zu überwinden. Weiter hinaufgeworfen gewinnt es bei der Rückkehr auch grössere Beschleunigung und vermag, bei entsprechender Masse, eine grössere lebendige Kraft auf einen widerstehenden Körper zu übertragen. Ist das Hinderniss nicht gross, so speichert das Pendel seinen Kraftrest durch Steigen nach der entgegengesetzten Richtung auf; es kann bei der Rückkehr nochmals Widerstände überwinden, und so weiter bis seine Kraft aufgezehrt ist, seine Schwingungen um die Gleichgewichtslage unmerklich werden, und es endlich still steht. Denken wir uns nun ferner ein zweites Pendel, gleicher Länge, so neben das erste gesetzt, dass die beiden Schwingungsebenen parallel sind. Ein leicht beweglicher Fortsatz, (z. B. ein Stück Uhrfeder von kleiner Elasticität) sei am zweiten Pendel so befestigt, dass das erste Pendel ihn beim Passiren der Ruhelage trifft. — Bei kleinem Ausschlage wird die Feder ganz schwach angestossen, nicht genügend, um gebogen zu werden. Der Fortsatz überträgt, wie ein steifer, den Stoss auf das zweite Pendel, das bewegt sich schwächer als das erste, welches durch den Widerstand verzögert, aber nicht zum Stillstand gebracht ist.

Bei grosser Elongation fällt das erste Pendel mit grosser Geschwindigkeit gegen den federnden Vorsprung, drückt ihn zur Seite und vollendet das andere Viertel seiner Schwingung. Indessen hat aber das zweite Pendel auch den Theil der Kraft, für welchen die Feder noch unbiegsam war, aufgenommen. Es macht eine kleine Schwingung, aber da seine Schwingungsdauer gleich derjenigen des ersten ist, ebenfalls eine Viertelschwingung, und kommt gleichzeitig mit dem stark bewegten in der Gleichgewichtslage an. Dort erhält es von dem schnell fallenden einen neuen Impuls, welchen die Feder wieder zum Theil überträgt. Derart summiren sich die Anstösse des ersten Pendels in ihrer Wirkung auf das zweite, und es kann dieses endlich die volle Amplitude des ersten erlangen.

Die Anwendung dieses Bildes auf den Reflexvorgang liegt nahe. Wir brauchten uns blos vorzustellen, dass die Kraft der motorischen Nerven das erste Pendel anstösst, dass der nächste sensible Nerv von dem Pendel einen Impuls erhält, sobald dieses auf der Rückkehr die Ruhelage passirt. Vom zweiten secundär

bewegten Pendel würden die Enden anderer Nerven in Erregung versetzt werden, sobald die lebendige Kraft des Schlages eine gewisse Grenze überschritten hat. Ein drittes, ähnlich gekuppeltes Pendel würde einen schwingenden Complex dritter Ordnung darstellen können. Um den vermehrten Stoffverbrauch, zumal bei secundären und tertiären Auslösungen zu erklären, muss man die gewiss berechtigte Complication in unser Bild einführen, dass in dem Momente, wo die Kräfte des secundären oder auch tertiären Pendels genug gesteigert sind, um in den Nervenenden einen Bewegungsvorgang einzuleiten, dort eine Art Explosion stattfindet, die den Bewegungsimpuls nach der Peripherie sendet, aber auch mit auf das Centrum zurückwirkt.

Wärmeentwickelung und Säureproduction mögen die zeitweise Abstumpfung der centralen Erregbarkeit mit verschulden. Durch häufige Entladungen wird das ganze System schwerer beweglich; so müssen die Uebertragungen von einem zum anderen vibrirenden Systeme sehr lange währen, ehe die für eine Auslösung genügende Kraft bis zum zweiten oder 3ten gelangt ist.

Aber es braucht auch nicht die Erschöpfung der centralen Theile die Schuld an der Unwirksamkeit der Hautreizungen zu tragen: Es können auch die peripheren Hautnerven den Dienst versagen und dadurch den elektrischen Impulsen die Brücke zum Centrum unwegsam machen.

Dies kann man leicht erkennen, indem man vom anderen Schenkel aus die Reflexerregbarkeit des beobachteten Schenkels prüft. Häufig, wenn sehr starke Hautreize in grossen Intervallen, ohne viel Effect eingewirkt haben, findet man die centrale Erregbarkeit erhalten. Meine Erfahrungen reichen nicht aus, um die interessante Frage zu entscheiden, ob die unerregbar gewordenen Hautnerven das Centrum gar nicht mehr beeinflussen.

Es bleibt mir jetzt noch ein wichtiger Punct zu erörtern, welcher für das Princip der Summation von fundamentaler Bedeutung ist.

Wir haben bisher die Reflexe betrachtet, insoweit sie als Effecte summirter elektrischer Hautreize auftreten, wir haben die Momente hervorgehoben, welche den gesuchten Effect ermöglichen, begünstigen oder benachtheiligen. Es fragt sich nun, ob denn überhaupt ein Reflex ohne Summation von Reizen zu Stande kommen kann. Es scheint dies unfraglich. Ein

Stich genügt, um ein Thier in die Flucht zu treiben, ein Druck, um die Pfote des Reflexfrosches zur lebhaften Contraction zu veranlassen. Die sehr kurz dauernden Entladungen der Leidner Flasche hatten schon *Cavendish* und *Volta*[1]) auf die sensiblen Nerven von Fisch und Mensch wirksam gefunden. *Setschenow*, *Fick*, *Rosenthal* haben in den angeführten Arbeiten die Effecte einzelner elektrischer Entladungen (Stromunterbrechungen und Inductionsschläge) verfolgt. Ich habe selbst schon (S. 409) gelegentlich bemerkt, dass bei sehr starken, seltenen Reizen frischer Präparate der Reflex früher eintrat, als der zweite Schlag. Alle Forscher sind aber auch darin einig, dass man zur reflectorischen Erregung durch einzelne Inductionsströme ganz unvergleichlich viel grössere Stromstärken braucht, als zum Reizen der motorischen Nerven, während für die Summationsreflexe ja verhältnissmässig schwache Reize genügten.

Um die Ursache dieses merkwürdigen Unterschiedes ausfindig zu machen, haben wir in mehreren Versuchsweisen die Effecte einzelner Inductionsschläge bei unserer Applicationsmethode geprüft und mit den Wirkungen wiederholter Reize verglichen. Folgendes war das Ergebniss unserer Experimente mit einzelnen Inductionsschlägen.

Reflexe werden durch einfache (immer auf die Schenkelhaut applicirte) Inductionsschläge nur dann ausgelöst, wenn diese sehr stark sind. In den meisten Fällen contrahirt sich der Schenkel überhaupt nur wenige Male auf derartigen Reiz, auch wenn längere Ruhe zwischen den Schlägen gegönnt wird. Nur sehr ausdauernde Präparate können 50 solche Reize vertragen. Diese müssen aber schliesslich zu ganz abnormen Höhen gesteigert werden. Die Latenzzeit kann bis zu 3″, wohl auch noch mehr zunehmen. In welcher Art sie anwächst, wird das folgende facsimilirte Beispiel besser klar machen, als Zahlenbelege es vermögen. (Siehe Fig. 15a u. b.)

Wir bemerken an allen Curvenabschnitten, mit Ausnahme des ersten (P_1), zwei oder auch drei verschieden geformte Theile: eine spitze, kurze Erhebung und eine längere, mannigfach gestaltete, dazwischen oder dahinter noch ab und zu eine kleine einfache oder doppelte Zacke. Die Deutung ist klar. Die erste

[1]) *E. du Bois-Reymond* Untersuchungen über thierische Elektricität 1848. Bd. I. S. 290.

Fig. 15a.

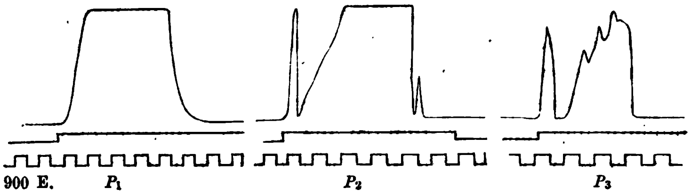
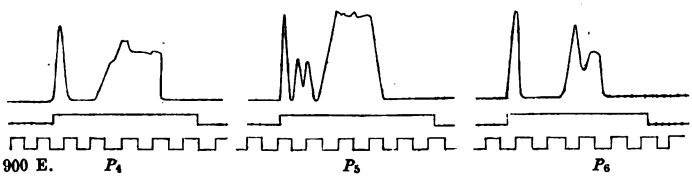


Fig. 15b.



Der linke Fuss eines grossen Frosches ruht auf dem früher beschriebenen Zeichen-Hebelbrettchen. Ihn reizt in jeder der 6 Perioden (P_1 bis P_6) ein Oeffnungsinductionsschlag von 900 Einheiten (grösste Intens. eines grossen mit 2 frischen *Grove*'schen Elementen bespannten Schlitteninductorium). Nach jeder Reizung ist eine Minute Ruhe gelassen, Die Reizfeder macht in der Mittellinie einen Knick nach oben, wenn der primäre Strom geöffnet wird. Der Zeitmarkirer notirt Secunden (½″ hoch ½″ tief).

Spitze stellt die zusammengedrängte Zuckungscurve vor, welche der directen Reizung motorischer Elemente des Schenkels ohne merkliche Latenz folgt. In der ersten Periode (P_1) bleibt diese unsichtbar, weil sie mit der langen Reflexcurve verschmolzen ist, die schon nach geringer Latenz anhob, bevor die erste vom Maximum sinken konnte. In den übrigen dargestellten Perioden, welche auch auf dem Originalblatte in fast continuirlicher Reihe einander folgen, sehen wir die Zuckungscurven der Reflexe immer weiter von der direct erregten abrücken. Immer haben sie einen tetanischen Charakter. Zuweilen mit Andeutung von klonischen Krämpfen. Der schnelle Abfall der Schreibfeder zwischen den beiden Zuckungen beweist, dass nicht etwa träge Schwingung des Hebels die Zuckung verlängert habe. Die Reflexlatenzzeit sehen wir in P_6 den Werth von 1,7″ erreichen. Das Wachsen der Latenz mit der Ermüdung ist auch bei den Reflexen durch einzelne Zuckungen eine gewöhnliche Erscheinung. Die Abhängigkeit der Dauer latenter Reizung von der Intensität des erregenden Stromes ist nicht leicht zu constatiren, weil man die ohnedies hohen Anfangsstärken schnell steigern

muss, um überhaupt eine längere Reihe von Reflexen zu erhalten. In einigen Fällen, wo es möglich war wachsende und sinkende Stromstärken zu vergleichen, erschien die Intensität ohne Einfluss auf die Latenzzeit.

Die Schliessungsinductionschläge sind überhaupt nur in seltenen Fällen mächtig, Reflexe auszulösen, stets aber werden sie in ihrer Wirkung von den Oeffnungsschlägen übertroffen. Als Schliessungsschläge von 800 Einheiten, nach Latenzzeiten von 1,25" bis 1,75" Reflexzuckungen erzwangen, vermochten 900 E sie auch nur bis auf 1,7" herabzudrücken. Oeffnungsschläge von gleicher Intensität dagegen lösten darauf nach 0,7" bis 0,8" Latenzzeit starke Zuckung aus. Da nun am Oeffnungsinductionsschlage besonders starke oscillirende Entladung wahrgenommen wird [1]) so liegt der Gedanke nahe, auch deren Reflexzuckungen als Summationseffecte aufzufassen. — In der That gaben, als einzelne Inductionsschläge grösster Intensität (700—900 E) erst nach längerer Latenz (1,7") und dann gar nicht mehr wirkten, tetanisirende Reize mässiger Stärke (100 E) Reflexzuckungen nach unmerklich kurzer Latenz. — Dies Resultat war im höchsten Grade auffallend, weil es nach den gangbaren Anschauungen unverständlich ist, wie ein starker Reiz längere Fortpflanzungsgeschwindigkeit erfordern sollte, als viele schwächere. Dies Ereigniss aufzuklären, dienten schliesslich Versuche, in denen der geprüfte Effect eines einzelnen Schlages mit demjenigen mehrerer in verschiedenem Intervalle auf einander folgenden verglichen wurde.

Es wirkte anfänglich ein Schliessungschlag, wie der Oeffnungsschlag (durch Einschalten guter Nebenleitung gewonnen) von 600—700 E nach Latenzzeiten von 0,7—0,6 Secunden. Im Intervall von 1" auf einander folgende Schläge vermochten ihre Wirkungen zu viel stärkerem, als dem einfachen Reflexe zu summiren. Bei Anwendung des gewöhnlichen Oeffnungs- und Schliessungsschlages gelang dies noch in Intervallen von 3". Als aber zwei Reize einander in einem Intervall folgten, welches kürzer

---

1) *Donders* Proces-verbaal van de Academie te Amsterdam 1868. 30 Mai. No. 1.

Helmholtz Verhandl. des naturhist. med. Vereins zu Heidelberg 1869.

Beide Arb. referirt in *Wiedemanns* Lehre vom Galvanismus und Elektromagnetismus 2. Auflage Braunschweig 1874. Bd. II. Abth. 2. S. 360 und 128.

war, als die Dauer der latenten Reizung einfachen Schlages (0,2″), so erfolgte der Reflex unmittelbar nach dem zweiten Reize, also nach viel kürzerer Latenzzeit, als nach gleich starkem einfachem Inductionsschlage. Hierdurch ist bewiesen, dass die beobachtete Zeit latenter Reizung nicht die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erregung vom peripherischen sensiblen Nervenende zum motorischen peripherischen angiebt, denn sonst wäre nicht einzusehen, warum ein zweiter Reiz früher ankommen sollte, als ein gleich starker erster, sondern dass die Bestimmung der latenten Reizung auch die Zeit aufnimmt, welche erforderlich ist, um die Bewegung im Rückenmarke bis zur Schwelle zu bringen. Diese Anschauung wäre im Einklange mit derjenigen von *S. Exner*, der als »reducirte Reflexzeit« diejenige Zeit definirt, »welche die nervösen Centren gebrauchen, um den sensiblen Eindruck in einen motorischen zu verwandeln«.[1]

Auf die Frage, wie es komme, dass auch erweislich einfache Reize überhaupt Summations-Wirkungen äussern können, hat *Engelmann*[2] die Auskunft ertheilt: es wirken sehr starke Inductionsschläge auf den Nerven thermisch (und chemisch) verändernd ein. In der That haben wir auch in unseren Versuchen gesehen, dass ein empfindlicher Schenkel, mit Einzelschlägen stärkster Art behandelt, unmittelbar in einen Tetanus gerieth, der von den motorischen Gebilden ausgelöst sein musste. Viele Beobachter haben auch längst constatirt, dass der Hüftnerv, durch einen einzigen starken Inductionsschlag getroffen, einen Tetanus des Wadenmuskels auszulösen im Stande ist.

So hätten wir denn auch die scheinbaren Einzelreize in das Gebiet der summirten gebracht, und können den Satz aussprechen: Reflexe können nur durch wiederholte Anstösse der nervösen Centren ausgelöst werden.

Die Resultate der vorstehenden Experimente finden ihre Bestätigung in mancherlei Erfahrungen, welche wir an uns selbst zu machen vermögen: Ein Stich in die Nasenschleimhaut schmerzt, Kitzeln erregt Niesen. Der Husten giebt ein deutliches Beispiel reflectorischer Entladungen auf summirte Reize. Wir fühlen ein Körnchen oder ein Fäserchen, das in Berührung mit der Schleim-

---

1) *Pflüger's* Archiv f. Physiol. 1874. Bd. VIII. S. 530.
2) *Pflüger's* Archiv. 1872. Bd. V. S. 37.

haut des Kehlkopfs gerathen ist. Die leise Empfindung wächst, ohne neue Ursache, zum Reiz; allmählich fühlen wir uns zum Räuspern veranlasst, darauf zum seltenen, kurzen Husten. Ist dieser nicht fähig den störenden Körper zu entfernen, so steigern sich die heftigeren Exspirationsstösse endlich zu Krampfanfällen. Den mächtigen Entladungen folgt ein Stadium der Ermattung, welches Ruhe schafft, trotz fortdauernden Reizes, bis auf's Neue die Erregung wirksam zu werden vermag. Aber auch, wenn der reizende Gegenstand herausgeschleudert worden ist, klingt noch eine Weile das Gefühl nach, und äussert sich auch wohl in leisem Husten und Räuspern, das eine gewisse Befriedigung gewährt, wie das Nachschlucken und das Nachschluchzen.

Auch die Empfindung ohne Reflexübertragung kann durch wiederholte kleine Reize gesteigert werden. Intermittirende leichte Berührung der Haut weckt Kitzel, welcher bei längerer Dauer unerträglich werden kann. Die unermüdlich wiederkehrende Fliege vermag durch ihre seltenen, schwachen Stiche nervöse Menschen in grosse Aufregung zu versetzen. Ein starker Stoss, oder Druck oder Schnitt ist leicht zu ertragen.

Berichtigung.

S. 400 Z. 7 und 8 v. u. anstatt $\frac{15,25}{18,0}$ lies $\frac{5,25}{8,0}$

S. 434 Z. 3 v. u. anstatt motorischen lies sensiblen

S. 434 Z. 2 v. u. anstatt sensible lies motorische

S. Tschiriew, *Der tägliche Umsatz der verfütterten und der transfundirten Eiweissstoffe.* Aus dem physiologischen Institute zu Leipzig. Vorgelegt von d. w. M. *C. Ludwig.*

Seit den Untersuchungen von *C. Schmidt*, *Th. Bischoff* und *C. Voit* unterliegt es keinem Zweifel mehr, dass der Harn nach dem Verfluss von 24 Stunden eine Stickstoffmenge geliefert hat, welche sich derjenigen sehr annähert, die das Thier am Beginne der genannten Zeit in den Eiweisskörpern seiner Nahrung verzehrte. Ob diese Uebereinstimmung erzielt wird, weil die neuankommenden Stoffe früher vorhandene aus ihren Verbindungen verdrängen, beziehungsweise den Stoffwechsel beleben, oder ob ein grosser Theil der Eiweissmassen schon während der Verdauung Veränderungen erfährt, durch welche ihre Umbildung in Harnstoff begünstigt wird, blieb unentschieden. Als eine der Verfahrungsarten zur Lösung dieser Frage wird man die zu betrachten haben, welche dem Blut die Eiweissstoffe mit Umgehung des Darmkanals zuführt, und untersucht, wie sich unter diesen Bedingungen die Entstehung des Harnstoffs gestaltet. Aus diesem Gesichtspunkte schlug mir Herr Prof. *Ludwig* vor, einem Hunde eine bestimmte Menge von Hundeblut mit bekanntem Stickstoffgehalt abwechselnd durch den Mund und durch die Venen zuzuführen, und dabei die Stickstoffmenge auszuwerthen, welche das Thier mit dem Harne ausgiebt.

Sollte sich bei diesem Versuche, wie es in der That der Fall war, ergeben dass dasselbe Nahrungsgemenge transfundirt weniger Harnstoff liefere, so würde hieraus allerdings noch keine sichere Antwort auf die oben gestellte Frage gewonnen sein. Denn ausser der Folgerung, dass das transfundirte Blut nicht in gleichem Maasse zersetzt sei, weil es die Veränderungen im Darmcanal umgangen habe, konnte man auch die andere ziehen, dass die transfundirten Blutkörperchen als ein lebendiges Gewebe der chemischen Umformung einen grösseren Widerstand

entgegensetzen, als die aus ihrer Auflösung hervorgegangenen Stoffe. Obwohl nun die Entscheidung hierüber erst durch einen anderweiten Versuch zu gewinnen ist, so schien es mir doch der Mühe werth, den vorgeschlagenen auszuführen, weil man durch ihn neue zum Abschluss führende Gesichtspunkte gewinnen konnte. Aus diesem Grunde betrachte ich die hier mitzutheilenden als den Beginn einer weiteren Reihe von Beobachtungen.

Als Versuchsthiere haben mir zwei kleine, kräftige, magere Hunde gedient, denen, wie erwähnt, dieselbe Menge von Hundeblut abwechselnd durch Fütterung und Transfusion beigebracht wurde. — In Beziehung auf die letztere ist Folgendes zu bemerken. Das Blut, welches transfundirt werden sollte, war unmittelbar vorher einem gesunden kräftigen Hunde, der seit 24 Stunden gehungert hatte, entzogen, geschlagen und mit aller Sorgfalt durch feines Leinen filtrirt worden. Bei dem Einbinden der Transfusionscanüle war besondere Sorgfalt nöthig. Denn da diese Operation an demselben Thiere drei Tage hintereinander wiederholt werden sollte, so war es geboten Venen zu wählen, welche ihrer oberflächlichen Lage wegen durch eine sehr kleine Wunde zu erreichen waren. Dieserhalb habe ich immer die Injectionscanüle in einen der Venen-Aeste gesetzt, welche im Gesicht oder am Halse durch die Haut schimmern. Das Blut wurde aus einem Glascylinder, dessen Inhalt unter einem regulirbaren Quecksilberdrucke stand, sehr allmählich in die Venen übergeführt, so dass mit voller Sicherheit der Uebergang des gewünschten Volums von 200 Ccm. zu verbürgen war. Nach vollendeter Transfusion wurden die, einen Ccm. an Länge nicht übersteigenden, Hautschnitte mit Carbolsäure ohne Anlegung einer Naht verbunden; sie heilten ohne Eiterung in wenigen Tagen.

Das zum Futter bestimmte Blut wurde ebenfalls einem gesunden Hunde entzogen. Nachdem es defibrinirt und filtrirt war, wurden genau 200 Ccm. desselben abgemessen, in einer Schaale einmal aufgekocht und mit 10 Gramm gerösteten Fettes, das einen kleinen Zusatz an Zwiebeln enthielt, versetzt.

Um Harn und Koth des Versuchsthieres ohne Verlust sammeln zu können, wurde dasselbe in einem geräumigen, vorzüglich glasirten Troge aus gebranntem Thone eingesperrt. Die längere Seite seines rechteckigen Bodens mass 0.88, die kürzere 0.55, die Höhe der Seitenwand 0.25 Mt. Um dem Kopfe des Thieres eine freie Beweglichkeit zu gestatten, wurde auf dem breiten

Rande, welcher die Seitenwand des Troges oben abschloss, ein Blechrahmen von 0.25 Mt. Wandhöhe aufgerichtet, und zwar so, dass der untere freie Rand des Blechrahmens über die Innenfläche des Thontroges hinübergriff. Den obern Rand des Blechrahmens deckte ein Drahtgitter, das nach Belieben an- und abgeschraubt werden konnte. Alle so eben beschriebenen Metalltheile waren auf das sorgfältigste mit gebackenem Asphaltlack überzogen. Eine der schmalen Bodenkanten des Thontroges durchbohrte eine glasirte Tubulatur, durch welche die in den Binnenraum des Gefässes ergossene Flüssigkeit bis auf Spuren ausfloss, wenn der Trog gegen den Horizont um ein weniges geneigt war. Ueber das freie Ende des thönernen Tubulus war eine Kautschukröhre gestülpt, die an dem andern Ende in einen Glaskolben gesteckt war; dieser nahm die aus dem Troge austropfende Flüssigkeit auf, ohne dass ein Theil derselben an der Uebergangsstelle aus dem Thon- in das Glasgefäss stehen geblieben wäre. Das Lager, auf welchem sich das Thier aufhalten sollte, wurde etwas entfernt vom Boden aufgestellt, dasselbe bestand aus einem starken mit gekreuzten Schienen versehenen Eisenrahmen, zwischen den ein sehr engmaschiges Drahtnetz eingesponnen war. Rahmen und Gitter waren mit eingebranntem Asphaltlack auf das sorgfältigste überzogen, so dass sich überall glatte glänzende Flächen vorfanden. Dieses Lager war horizontal auf sechs kleinen Glasfüssen aufgestellt, die sich auf den Boden des Thongefässes stützten. Sonach floss der Harn durch die vielen Oeffnungen sogleich auf den glasirten Boden des Troges und von dort in den Kolben, während der feste Koth auf dem engmaschigen Netze zurückblieb. Jedesmal vor dem Beginne eines neuen Beobachtungstages wurde der Hund aus dem Behälter genommen. Nachdem der vorhandene Koth gesammelt war, wurde das als Lager dienende Gitter emporgehoben und dieses sammt dem Boden des Troges mit der Spritzflasche auf das sorgsamste, unter möglicher Ersparung des Wassers, ausgespült. Wiederholt habe ich mich davon überzeugt, dass hiezu 100 Ccm. Wasser genügten. Auf diese Weise glaube ich jeden Verlust an festen Ausscheidungsstoffen vermieden zu haben. Obwohl nun täglich in dem Kolben eine nicht unbedeutende Harnmenge vorgefunden wurde, so blieb es doch unsicher, ob das Thier den an jedem Beobachtungstage gebildeten Harn auch vollständig entleert hatte. Um den Fehler zu mindern,

welcher durch Uebertragung eines Harnrestes von einem auf den andern Tag entstehen konnte, wurde die Zuführungsart des Blutes erst nach dem Verfluss dreier Tage gewechselt, damit sich die zu befürchtende Störung auf diese vertheile. Aus den Beobachtungen scheint jedoch hervorzugehen, dass meine Besorgniss grundlos war; denn die in je 24 Stunden mit dem Harne ausgeschiedene Stickstoffmenge blieb sich unter sonst identischen Umständen durchweg gleich.

Nach der Aufsammlung der Auswurfsstoffe wurde der Hund zunächst gewogen und ihm dann je nach Befinden das Blut durch Injection oder als Futter beigebracht. Im letzteren Falle wurde darauf geachtet, dass das Thier von der vorgelegten Portion nichts verschleudern konnte. Wenn dasselbe die Aufnahme der ganzen Futtermenge verweigerte, so sammelte ich den in der Porzellanschaale vorhandenen Rest, wog ihn und ermittelte aus einem bestimmten Theile seinen Stickstoffgehalt. Bei der Transfusion muss, wie aus den Erfahrungen von *Lesser* bekannt ist, eine besondere Sorgfalt auf die Vermeidung von Harnverlusten gewendet werden. Desshalb legte ich während der Dauer der Operation ein Band um die Vorhaut. Hiedurch ist es mir gelungen, den drohenden Verlust vollkommen zu vermeiden. Unmittelbar nach der vollendeten Fütterung oder Transfusion kam das Thier in den Trog zurück. Auch will ich nicht versäumen zu bemerken, dass dem Thiere der Aufenthalt in einem kühlen gleichmässig temperirten Kellergeschoss angewiesen war, eine Massnahme, für die ich mich desshalb entschied, weil die Versuche im Juli und August vorgenommen wurden.

Zur Bestimmung des Stickstoffgehaltes in den Einnahmen und Ausgaben bediente ich mich Anfangs der Methode von *Will* und *Varrentrapp*, weil ich nach den Angaben von *Kreusler*[1]) erwartete, dass man mit ihr ohne einen Verlust zu erleiden arbeiten könne, wenn man nur die Stoffe fettfrei verwendet und auf das innigste mit dem Natronkalk gemengt habe. Die erstere dieser beiden Cautelen war durch die Natur der gebrauchten Stoffe — Harn und Blut — von selbst erfüllt; die innige Mischung aber glaubte ich dadurch verwirklichen zu können, dass die Flüssigkeiten in ihrem natürlichen Zustande dem Natronkalke zugesetzt wurden. Zu dem Ende nahm ich von jeder Blutart, welche

---

1) Journal für analytische Chemie. Jahrgang 1873. p. 354.

transfundirt oder als Futter zubereitet werden sollte, 10 Ccm., und verdünnte dieselben mit dem gleichen Volum Wasser; von diesem Gemisch liess ich 5 Ccm. durch eine lang ausgezogene Pipette in die Verbrennungsröhre fliessen, welche schon bis zur Höhe einiger Centimeter mit salpeterfreiem Natronkalk gefüllt war. Nächst dem führte ich die Menge des letztern ein, welche für die vollständige Absorption des Blutes nothwendig war, und verfuhr nun des Weitern nach Vorschrift. Vor dem Beginn der Erhitzung muss man einen geräumigen Canal zwischen der freien Oberfläche des Natronkalkes und der gegenüberliegenden Glaswand herstellen, weil sich ohne dieses die Röhre durch den Schaum des aufkochenden Blutes verstopft. Obwohl man auf diese Weise das stundenlange Pulvern des zu analysirenden Stoffes umgeht, welches *Kreusler* vorschreibt, so vermeidet man dennoch einen grossen Zeitverlust keineswegs. Denn die Anfeuerung der Röhre muss der drohenden Zerplatzung wegen sehr allmählig beginnen und sehr langsam fortschreiten, wesshalb zur Vollendung einer Verbrennung nie weniger als drei, öfter aber vier bis fünftehalb Stunden nöthig sind. — Das entstandene Ammoniak wurde in vorgelegter Oxalsäure aufgefangen und diese mit Baryt und Lackmus austitrirt. Von jeder Blutsorte wurden zwei Proben zerlegt.

In ähnlicher Weise verfuhr ich mit dem Harne, der jedoch, so wie er aufgesammelt war, in die Röhre gebracht wurde. Die Kothproben wurden getrocknet analysirt.

Bei der Bestimmung von 13 Blut- und ebenso vielen Harnsorten, also bei 52 Einzelanalysen gelangte ich zu scheinbar sehr befriedigenden Werthen, denn der aus den Grundzahlen der beiden Bestimmungen berechnete Gehalt der täglichen Einnahme und Ausgabe stimmte oft bis auf Spuren, und wich niemals um mehr als 3 Proc. seines ganzen Werthes von einander ab. Trotzdem hielt ich es für geboten, zur Probe auch einmal die Methode von *Dumas* neben der bisher gebrauchten anzuwenden. Denn es lässt sich nicht verkennen, dass Bestimmungen von der Art der vorliegenden eine ganz ungewöhnliche Sorgfalt erfordern. Die einzige Sicherung liegt hier in der Genauigkeit der Bestimmung, weil die Möglichkeit einer Correctur fehlt, wie sie bei dem Auswerthen der Zusammensetzung organischer Verbindungen durch die Atomgewichte gegeben ist, und noch mehr, weil aus dem Gehalte von 2.5 Ccm. auf den von 200 Ccm. geschlossen

werden muss. Jeder Fehler multiplizirt sich also 80mal. Hiezu kommt noch, dass wir die Schlüsse bei der vorliegenden Gattung von Versuchen auf den Unterschied des *N*gehaltes in der Einnahme und Ausgabe aufbauen, wesshalb je nach der Richtung der Fehler in beiden die Ungenauigkeit noch sehr bedeutend anwachsen kann.

Als ich nun in 2 Blut- und 3 Harnsorten je eine Probe nach *Dumas* und die andere nach *Will* und *Varrentrapp* zerlegte, musste ich zu meiner Ueberraschung gewahren, dass ganz regelmässig im Harn wie im Blute der als Ammoniak niedriger als der im Gaszustand bestimmte *N* ausfiel. Dieses Mehr nach der Methode von *Dumas* kann nur zum geringsten Theil in dem an dem Kupferoxyd haftenden *N* der Atmosphäre begründet sein, theils weil jene, trotzdem dass die grösste Sorgfalt auf die Verdrängung der ursprünglichen Luft verwendet wurde, meist 5 Ccm. *N* mehr gab, als nach der Methode von *Will* und *Varrentrapp* zu erwarten war, insbesondere aber auch darum nicht, weil der Zuwachs an *N* für das analysirte Blut bedeutend grösser als für den Harn war, obwohl beidemal die Dimensionen der Röhre und die Mengen des Kupferoxydes gleich gewesen. Nun waren aber nicht bloss die absoluten, sondern es waren auch die Unterschiede des *N*gehaltes zwischen Blut und Harn grösser. Ein Beispiel diene zur Erläuterung:

Aus der Methode v. *Dumas* ergaben sich für 200 Ccm. Blut : 6,52 Gr. *N* u. für den täglichen Harn 2,81 Gr. *N*.

Aus der Methode v. *Varrentrapp Will* ergaben sich für 200 Ccm. Blut : 6,04 Gr. *N* u. für den täglichen Harn 2,68 Gr. *N*.

Nach der erstern ist der Unterschied im *N*gehalt zwischen Einnahme und Ausgabe = 3.71, während er sich nach der zweiten zu 3.36 stellt.

Obwohl nun eine Abweichung von 0.35 Gr. bei dem grossen absoluten Werthe der Unterschiede dem Schlusse, welcher hier entscheiden soll, nichts schadet, dem nämlich dass noch nicht einmal die Hälfte des mit dem Blute empfangenen *N* vom Thiere ausgeschieden sei, so hielt ich es dennoch von nun an für gerathen, mich ausschliesslich an die Methode von *Dumas* zu wenden.

Mit Hülfe der geschilderten Mittel habe ich, wie erwähnt, den Versuch an 2 verschiedenen Thieren angestellt. Zunächst werde ich die Ergebnisse schildern, welche mir der Hund

lieferte, an welchem sich die Reihe der Beobachtung am weitesten durchführen liess.

I. Versuch. Um die Bedeutung der später mitzutheilenden Zahlenreihen deutlicher hervortreten zu lassen, werde ich zuerst angeben, wie sich das Thier während der Beobachtungszeit verhielt, und in welchem Wechsel ihm das Blut einverleibt wurde.

1. Dem Thiere wurden an den ersten 3 Tagen je 200 Ccm. gekochten Blutes vorgesetzt, zum ersten Male nimmt es das Futter vollständig, am zweiten lässt es einen kleinen, am dritten einen grösseren Rest übrig, am zweiten und dritten Tage giebt es Koth von sich. Die im übrig gelassenen Futter und in dem Kothe enthaltenen Stickstoffmengen werden bestimmt und von denjenigen des Futters abgezogen. Dieses ist für den Koth nicht vollkommen einwurfsfrei, weil es unbewiesen bleibt, ob er aus dem Blutfutter stammt. Ein begangener Fehler würde aber bei der Geringfügigkeit der mit dem Kothe entleerten Stickstoffmengen nicht in das Gewicht fallen.

2. Am 4. bis 6. Tage wurden dem Hunde je 200 Ccm. Blutes eingespritzt, so dass er im Ganzen 600 Ccm. empfing, am 5. Tage giebt das Thier eine geringe Menge von Koth von sich, mit dessen Stickstoff wie oben bemerkt verfahren wurde.

3. Am 7. bis 9. Tage werden dem Hunde je 200 Ccm. gekochten Blutes vorgesetzt, die sämmtlich vollkommen verzehrt werden, am 9. Tage entleert das Thier wiederum Koth.

4. Am 10. bis 12. Tage wird dem Thiere gar nichts verabreicht, während dieser vollkommenen Entziehung aller Einnahmen findet wiederum eine Kothentleerung statt.

5. Am 13. bis 15. Tage werden dem Thiere je 200 Ccm. Blutes eingespritzt, so dass es im Ganzen 600 Ccm. empfing.

6. Das gekochte Blut; welches dem Thiere am 16. und 17. Tage vorgesetzt wurde, verschmähte es gänzlich, am 17. nimmt es dagegen 100 Ccm. Wasser, die ihm gereicht wurden, begierig auf.

7. Am 18. Tage nimmt das Thier von dem vorgesetzten Blute einen sehr kleinen Theil, dagegen säuft es begierig 200 Ccm. Wasser, die ihm gereicht wurden.

8. Am 19. bis 22. verzehrte es das vorgesetzte Blut bis auf

kleine Reste, vorausgesetzt dass dem Thiere täglich 100 bis 200 Ccm. Wasser verabfolgt werden.

9. Vom 23. bis 26. Tage empfängt das Thier kein Blut, dagegen wird ihm Wasser gegeben. Hievon nimmt es am 23. Tage nichts, am 24. dagegen 100 Ccm., am 25. Tage 25 Ccm. und am 26. Tage 50 Ccm. Am Ende dieses Tages wird der Hund durch Verblutung getödtet.

Diesen Mittheilungen entsprechend zerfällt die vorliegende Versuchsreihe in 2 Abschnitte: einen von 16 Tagen, in welchem das Wasser entzogen, und einen anderen, in welchem dasselbe gereicht wurde. Jeder dieser Abschnitte bedarf einer besonderen Zergliederung.

Die ersten 15 Tage der Versuchsreihe ohne Wasser zerfallen weiterhin in 5 Zeiträume von je 3 Tagen. Es verhielten sich nun das Körpergewicht am Anfang jeder Periode, und die während derselben aufgenommenen und ausgeschiedenen Stickstoffmengen folgendermassen.

Versuchstage ohne Wasseraufnahme.

Zahlen der Beobachtungstage.	Zufuhr des Blutes.	Körpergewicht im Beginn der Periode.	Eingenommen an *N* während dreier Tage.	Ausgeschieden an *N* während dreier Tage.
1 bis 3.	Blut gefüttert	6928 Gr.	13,19 Gr.	14,55 Gr.
4 » 6.	Blut transfundirt	6540 »	19,09 »	6,85 »
7 » 9.	Blut gefüttert	6254 »	14,38 »	14,43 »
10 » 12.	Ohne Zufuhr	6165 »	0,00 »	4,65 »
13 » 15.	Blut transfundirt	5675 »	18,53 »	10,60 »
16.	am Beginn dieses Tages.	5500 »		

Heben wir aus dieser kleinen Tabelle zuerst die den Stickstoff betreffenden Zahlen der ersten und dritten Periode (1. bis 3. und 7. bis 9. Tag) hervor, in welcher das Blut verfüttert wurde, so sehen wir Verhältnisse, wie sie nach der Regel von *Bischoff* und *Voit* zu erwarten waren. In der ersten Periode übertrifft der ausgegebene den eingenommenen *N* um 1.5 Gr., was in der Ordnung ist, da zu dieser Zeit das Körpergewicht um 38 Gr. abgenommen hatte. In der dritten Periode dagegen, wo der Ver-

lust der Körpermasse nur 89 Gr. betrug, sind auch die Einnahmen und Ausgaben des Stickstoffs einander gleich.

Wenn wir nun die zweite und sechste Periode (4. bis 6. und 13. bis 15. Tag) ins Auge fassen, während welcher das Blut in die Venen gespritzt wurde, so finden wir, dass die Ausgaben des Stickstoffes durch den Harn weit hinter den Einnahmen durch das transfundirte Blut zurückbleiben. In der zweiten Periode beträgt der N des Harns den 0.38ten und in der fünften 0.55ten Theil desjenigen, welcher mit dem Blute in die Venen übergeführt wurde. Dieses Missverhältniss zwischen den einverleibten und den durch die Niere abgeschiedenen Stickstoffgewichten erscheint noch bedeutender, wenn man erwägt, dass das Thier während der zweiten Periode 286 Gr. und während der fünften 175 Gr. an seiner eigenen Körpermasse einbüsste. Trotzdem dass der Hund im Ganzen 461 Gr. aus seinem eigenen Bestande zusetzte, gab er nur den 0.46. Theil des aufgenommenen Stickstoffes aus.

Mit dieser Erfahrung ist bewiesen, dass der Umfang der Zersetzung, welche die Eiweisskörper im thierischen Organismus erleiden, nicht bloss von der Menge und Art des Zugeführten, sondern auch von dem Orte der Zuführung abhänge, denn nach dem Uebergang der Nahrungsstoffe durch den Mund wurde die Zersetzung weit bedeutender, als nach dem unmittelbaren Eintritt derselben in das Blut. Die Innigkeit der eben ausgesprochenen Beziehung tritt aus einer Vergleichung der ersten drei Versuchsperioden besonders deutlich hervor. Als nach Verfluss der ersten drei Tage an die Stelle der Fütterung die Einspritzung des Blutes trat, sank der Betrag des ausgegebenen Stickstoffes augenblicklich bedeutend unter den des empfangenen und es kehrte erst am 7. Tage mit dem Wiedereintritt der Fütterung, dann aber auch plötzlich das Gleichgewicht zwischen dem ein- und ausgeführten Stickstoff zurück. Da nirgends ein Anzeichen dafür vorliegt, dass sich neben der Einführungsweise der Nährstoffe noch irgend eine andere der inneren oder äusseren Lebensbedingungen in derselben zeitlichen Folge geändert habe, so muss man den eigenthümlichen Gang der Stickstoffabscheidung auf die Rechnung des Verfahrens setzen, welches zur Einverleibung der Eiweisskörper diente.

Die Ausscheidung des Stickstoffs während der Transfusion hängt aber noch von andern Bedingungen ab, als von der Menge

der zugeführten Eiweissstoffe. Dieses ergiebt sich aus der Vergleichung des 4. bis 6. und des 13. bis 15. Tages unserer Versuchsreihe. In jeder dieser Perioden fand die Einspritzung eines gleichen Blutvolums mit nahezu übereinstimmendem Stickstoffgehalt statt, und dennoch wurden das erste Mal mit dem Harne nur 6.85 Gr., das zweite Mal dagegen 10.60 Gr. ausgeschieden. Das zur Transfusion verwendete Blut war in den beiden Perioden verschiedenen Thieren entnommen, es konnte also, trotzdem dass es von gesunden Hunden stammte, abweichend constituirt sein, ausserdem gingen der ersten Transfusion drei Fütterungs-, der zweiten aber drei Hungertage voraus. Zu diesen Ungleichheiten der äusseren Bedingungen des Versuchs kommt eine weitere, und vielleicht einflussreichere. Da das eingespritzte Blut nicht in dem Maasse, wie man es zuführt, zerstört wird, so muss irgendwo im Organismus ein Rest desselben verbleiben. Dieser lässt sich, wie die Section des Hundes zeigen wird, zum Theil wenigstens im Blutgefässwerk selbst nachweisen. Nach der zweiten Transfusion besitzt also das Thier jedenfalls eine grössere Blutfülle als während der ersten. Somit trifft die zweite Transfusion das Thier in einem andern Zustande als die erste; dieser prägt sich auch darin aus, dass der Hund nach der zweiten Einspritzungsperiode einen früher nicht geäusserten Durst kundgab.

Obwohl nun während der Perioden der Transfusion sich der Umsatz des Eiweisses geringer, als in denen der Fütterung stellte, so sank er doch nicht so tief herab, wie in den Zeiten, in welchen dem Thiere gar keine Zufuhr von Nährstoffen gewährt wurde. Dieses ergiebt sich, wenn man den 10. bis 12. Tag der Versuchsreihe mit dem 13. bis 15. oder den 4. bis 6. Tag derselben vergleicht. Wollte man der gegebenen Darlegung gemäss den Zustand des Thieres nur zwischen dem 4. bis 6. Tag für normal erklären, so würde immer noch während dieser Zeit 2.2 Gr. *N* mehr als während der vollkommenen Entziehung aller Nährstoffe abgeschieden sein. Hieraus folgt also, dass die Transfusion die Umsetzungen anregt, wenn auch in geringerem Grade als die Fütterung.

Die weitere Fortsetzung der Beobachtung nach dem bisher befolgten Plane scheiterte, wie schon oben erwähnt, an dem Widerstande des Thieres das vorgesetzte Futter ohne einen Zusatz von Wasser zu verzehren. Darf man den Durst als ein Kennzeichen dafür ansehen, dass der procentische Wasser-

gehalt der Körpermasse unter den Normalwerth herabgegangen sei, so wird man es auffallend finden müssen, warum dieses unter dem Einflusse der beigebrachten Mischung von Nahrungsstoffen geschehen ist. Denn es ist bekannt, dass die Hunde, ohne das Bedürfniss nach Wasser zu äussern, von Fleisch, also von einem Stoffgemenge leben können, dessen Wassergehalt noch geringer als der des Blutes zu sein pflegt. Wie dem auch sei, keinenfalls können die Ergebnisse des zweiten Abschnittes unserer Beobachtungsreihe mit denen der ersten verglichen werden, da der Genuss des Wassers, wie die folgenden Zahlen zeigen, einen bedeutenden Einfluss auf die Ausscheidung des Stickstoffes übte.

Versuchstage mit Wasseraufnahme.

Beobachtungstage in fortlaufender Zählung.	Köpergewicht am Beginn des Tages.	*N* in der Nahrung.	*N* im Harn.	Menge des genossenen Wassers.	Bemerkungen.
15	5616 Gr.				
16	5500 »	0,00	1,35 Gr.	0	
17	5466 »	0,00	4,84 »	100 Ccm.	
18	5030 »	0,05	4,33 »	200 »	
19	4940 »	} 4,78	12,75 »	200 »	
20	5206 »				
21	4960 »	5,25	7,48 »	200 »	25 Gr. Fett.
22	4995 »	4,97	4,57 »	120 »	25 Gr. Fett.
23	4963 »	0,00	0,98 »	0 »	
24	4845 »	0,00	3,25 »	100 »	
25	4703 »	0,00	2,44 »	26 »	
26	4583 »	0,00	0,51 »	50 »	

Da die Zeiten für jede der besonderen Fütterungsarten nicht immer gleich lang sind, so wird es der Uebersicht dienlich sein, diejenigen Beobachtungsabschnitte, in welchen sich die gleichartige Behandlungsweise des Thieres über mehrere Tage erstreckte, auf nur einen zu reduciren. Die eben vorgelegte Tabelle nimmt dann folgende Gestalt an:

Beobachtungstage in fortlaufender Zählung.	Körpergewicht.	N der Nahrung.	N des Harnes.	Genossenes Wasser.
15	5616 Gr.	—	—	—
16	5500 »	0,00	1,35 Gr.	0 Ccm.
17	5460 »	0,00	4,84 »	100 »
18	5030 »	0,05	4,33 »	200 »
19 u. 20	5206 »	2,89	6,37 »	100 »
21	4960 »	5,25	7,48 »	200 »
22	4995 »	4,97	4,57 »	120 »
23	4968 »	0,00	0,98 »	0 »
24	4845 »	0,00	3,25 »	100 »
25	4703 »	0,00	2,44 »	26 »
26	4583 »	0,00	0,41 »	50 »

In diesen Zahlen spricht es sich zunächst deutlich aus, dass die Ausscheidung des Stickstoffes durch das aufgenommene Wasser vermehrt wurde. Dieses erkennt man ebensowohl durch die Vergleichung der Hungertage, wie z. B. des 16. mit dem 17. und des 23. mit dem 24., als auch durch die Zusammenstellung der Fälle, in welchen Nahrung gereicht wurde. Denn es ist vom 18. bis zum 21. Tage, in welchen das Körpergewicht nahezu unverändert geblieben war, das mit dem Harne entleerte Stickstoffgewicht bedeutend grösser, als das mit der Nahrung aufgenommene, ein Verhalten, das in den Versuchstagen ohne Wasseraufnahme in dem Grade wenigstens nicht vorkam. Unter Berücksichtigung des Umstandes, dass in dem 16. und im 17. Tage — Entziehung fester Stoffe, Darreichung von Wasser — binnen 24 Stunden dreimal so viel N als am 10. 11. 12. und 16. Tage — Entziehung fester und flüssiger Stoffe — abgeschieden wurde, wird man sich schwerlich entschliessen können, dem mässigen Genusse von 100 bis 200 Ccm. täglichen Wassers hier einen ähnlichen Einfluss zuzuschreiben, wie er beim Menschen und beim Hunde nach einem vermehrten Wasserzusatz zu der gewöhnlichen Nahrung beobachtet wurde. Die unter den genannten Umständen von *Bischoff*, *Genth* und vielen andern beobachteten proportionalen Zuwüchse des täglichen Harnstoffs erreichen weitaus nicht das hier beobachtete Maass. Für die Annahme, dass das Wasser nur durch den Hinzutritt eigenthümlicher Bedingungen in unserm Falle so wirksam gewesen, spricht auch die Vergleichung des 22. mit den drei vorhergehenden Tagen.

In jedem derselben wurde feste Nahrung und Wasser gegeben, aber nur am 19., 20. und 21. Tage überwog das *N*gewicht des Harns das des Futters; am 22. Tage dagegen waren beide nahezu übereinstimmend, gerade wie am 1. bis 3. und am 7. bis 9. Tage. Die Wirkung des Wassers hatte sich erschöpft. Bei dieser Sachlage drängt sich die Vermuthung auf, dass man es mit einer Nachwirkung der vorausgegangenen Transfusion zu thun habe, welche sich uns schon früher als ein Ausweg für die relativ vermehrte Ausscheidung des Stickstoffs am 13. bis 15. Tage entgegenstellte. Die Möglichkeit dieser Erklärung lässt sich, angesichts der bei und nach der Tödtung des Thieres gefundenen Ergebnisse nicht bestreiten.

Die Section, zu deren Schilderung ich jetzt übergehe, ergab zunächst die Abwesenheit aller anatomischen Störungen; die kleinen Wunden waren vollkommen verheilt, nirgends fand sich ein Extravasat, das Fettgewebe war selbstverständlich bis auf einen geringen Rest geschwunden. Der Tod des Thieres war durch einen Aderlass aus den beiden Carotiden herbeigeführt, und das dabei abfliessende Blut sorgfältig gesammelt worden. Nachdem 300 Ccm. freiwillig abgeflossen, und trotz aller angewendeten Mittel nichts mehr strömte, führte ich durch die geöffnete v. jugularis dextra eine Röhre in das rechte Herz, liess durch eine künstliche Oeffnung Luft in den Pleurasack und begann das Kneten des Körpers von Neuem. Auf diese Weise wurden noch 64 Ccm. Blut gewonnen.

Das specifische Gewicht des freiwillig ausgeflossenen Blutes betrug 1.119, das durch die v. jugularis entleerte 1.075 Gr. Hieraus berechnet sich das Gewicht des gewonnenen Blutes zu 400 Gramm, oder zu 8.7 Procent des Körpergewichtes (4575 Gr.), welches der Hund unmittelbar vor der Verblutung besessen hatte.

In 100 Ccm. des den Carotiden entströmten Blutes waren 27.11 Procent trockenen Rückstandes enthalten. Diese mussten überwiegend aus Eiweissstoffen bestehen, denn es enthielten nach der Verbrennung einer andern Probe desselben Blutes 100 Ccm. = 4.21 Gr. *N*. Demnach enthielt der feste Rückstand 15.52 Procent Stickstoff, während wie bekannt das Eiweiss des Serums 15.70 Procent *N* besitzt.

Das Thier enthielt also jedenfalls mehr Blut, als man es sonst bei Hunden zu finden pflegt, da diese bei der Verblutung unter Anwendung aller Kunstgriffe nicht mehr als 5 Procent ihres

Körpergewichtes an Blut zu liefern vermögen. Das von unserem Thiere gewonnene war auch weit reicher an eiweissartigen Stoffen als gewöhnliches Hundeblut, denn dieses enthält höchstens 21 Procent festen Rückstandes und auf 100 Ccm. nur 3.2 Gr. Stickstoff.

Eine der vorliegenden ähnliche Beobachtung hat schon früher *Panum* mitgetheilt in seiner an neuen Gesichtspunkten und Thatsachen reichen Abhandlung.*) Als derselbe hungernden Hunden Blut einspritzte und sie 48 bez. 142 Stunden nachher tödtete, dabei ihre Blutmenge und in dieser den festen Rückstand bestimmte, fand er diesen letzteren zu 24.17 bez. 25.64 Procent. Von diesem concentrirten Blute enthielt das erste der beiden Thiere 7.9 Procent seines Körpergewichtes, das zweite dagegen 9.0 Procent desselben.

Nach diesen Thatsachen wird man nicht daran zweifeln können, dass die Hunde innerhalb ihres Gefässraumes einen merklichen Theil des eingespritzten Blutes zurückzuhalten vermögen, selbst wenn, wie in meinem Falle, zwischen der letzten Transfusion 11 Tage und unter diesen 7 Hungertage verflossen sind. Der Ueberschuss von Blut, welchen diese Thiere bergen, wird aber, wie namentlich aus den Beobachtungen von *Panum* hervorgeht, wesentlich auf Rechnung der Körperchen zu setzen sein, da die procentischen Rückstände des Serums vor und nach der Transfusion sehr annähernd die gleichen waren.

Wenn nun aber in meinem Falle der Hund einen namhaften Theil des Blutes, welches ihm in die Gefässe gebracht worden war, vor der Zersetzung geschützt hatte, so hatte er doch auch einen anderen nicht minder grossen eingebüsst. Ihm waren 1200 Ccm. Blut mit einem mittleren Procentgehalt von 3.08 *N* eingespritzt worden; empfangen hatte er also auf diesem Wege 36.96 Gr. Stickstoff. Durch Verblutung waren aus ihm 400 Gr. Blut mit 16.14 Gr. Stickstoff zu gewinnen. Mit anderen Worten, das aus seinen Adern abgeflossene Blut enthielt noch nicht einmal die Hälfte des Stickstoffes, der ihnen durch Transfusion beigebracht war. Allerdings ist durch den Aderlass nicht alles Blut des Thieres gewonnen. Der Rückstand, der im Gefässraume verblieben war, schien dem äusseren Ansehen nach sogar grösser zu sein, als man ihn sonst nach Verblutungen anzutreffen pflegt. Alle

*) Virchow's Archiv Bd. 29. pag. 258 ff.

Körpertheile waren weitaus nicht so blass und jedes Stückchen der Leiche, das mikroskopisch untersucht wurde, enthielt in seinen Gefässen noch Körperchen; trotzdem wird man diesen Rest nach mannigfachen andern Bestimmungen schwerlich zu mehr als zwei Procent des Körpergewichts schätzen dürfen. Jedenfalls macht das zurückgebliebene weniger aus, als das Blut betragen hat, welches der Hund ursprünglich vor der ersten Transfusion besessen hat, welches wir ja hier ganz ausser Betracht gelassen. Sonach kann es als gewiss angesehen werden, dass unser Hund einen noch grösseren Betrag an Stickstoff, als den oben genannten (23 Gramm) während der Versuchsdauer aus seinem Blute verloren hat. Auf welche Weise dieses geschehen, muss einstweilen dahin gestellt bleiben.

II. Ein zweiter Versuch der nach demselben Plane durchgeführt werden sollte, verlief nicht so glücklich, wie der erste, da das Thier während desselben von einer sehr heftigen Entzündung des rechten Hinterbeines befallen wurde. Obschon desswegen die Fortsetzung der Beobachtung unterbleiben musste, so war sie doch in ihrem Beginne insofern werthvoll, als sie bestätigte, dass während der Fütterung mit Blut in dem Harne weit mehr Stickstoff erscheint, als dieses nach der Einspritzung desselben der Fall ist. Hievon geben die folgenden Zahlen Nachricht:

Beobachtungstag.	Zufuhr des Blutes.	*N*menge desselben in Gr.	*N*menge des Harns.	Körpergewicht.
1	Ohne Zufuhr	0,00 Gr.	0,62 Gr.	?
2	gefüttert	5,36 »	4,49 »	4110 Gr.
3	»	5,36 »	5,46 »	4140 »
4	»	4,56 »	5,47 »	4110 »
5	eingespr.	4,35 »	2,52 »	4030 »
6	»	2,49 »	1,87 »	3868 »
7	—	—	—	3825 »

Zu dieser Beobachtung gehört die Bemerkung, dass dem Blutfutter täglich 10 Gr. Fett und ein wenig gebratener Zwiebel zugesetzt wurden. Der Stickstoffgehalt der geringen Kothmengen, welche in den vier letzten Beobachtungstagen ausgestossen wurden, ist von demjenigen der Zufuhr abgezogen. Die Stickstoffbestimmungen sind mit Natronkalk ausgeführt, weil die an

zweiter Stelle mitgetheilte Versuchsreihe der Zeit nach der ersteren vorausging.

Wenn wir am Schlusse dieser Mittheilung eine Antwort auf die Anfangs aufgeworfene Frage geben sollen, so wird sie dahin lauten müssen, dass die täglich bewirkte Zersetzung einer Eiweissmasse, welche der genossenen an Grösse nahezu gleichkommt, irgend welcher Vorgänge bedürfe, die in der nächsten Beziehung zu der Verdauungsarbeit stehn. Sucht man nun die Einwirkung der Verdauung genauer zu bestimmen, so gewähren uns die vorliegenden Beobachtungen noch die Ueberzeugung, dass dieselbe keinenfalls darauf beruhen könne, aus der genossenen Nahrung einen dem Blute möglichst ähnlichen Stoff herzustellen, der nach seinem Uebergang in das Gefässsystem der weiteren Zersetzung anheimfalle. Läge hierin die nächste Aufgabe der Verdauung, so würde die Umsetzung der Eiweissstoffe auch fortschreiten müssen, wenn man dem Thiere, unter Abnahme der ersten Vorarbeit zur Ermöglichung weiterer Zerlegung, geradezu Blut in die Adern eingespritzt hätte. Der geringe Erfolg dieses Unternehmens zwingt uns nach andern Wirkungsarten der Verdauungswerkzeuge zu suchen. Nun liegt es auf den ersten Blick am nächsten, diese in einer chemischen Aenderung, in der Peptonisirung zu finden, welche die genossenen Eiweissstoffe durch die Verdauungssäfte erfahren haben. Mit dieser Unterstellung würde sich aber die zeitliche Uebereinstimmung zwischen der Aufnahme und ihrer Zerstörung nur dann ohne weiteren Zusatz vereinigen lassen, wenn an den Tagen, in welchen — soweit wir wissen — die Verdauungsarbeit vollkommen still steht, keine harnfähigen Stoffe gebildet würden. Da dieses nicht der Fall, so lässt sich aus den gegenwärtig zu Gebote stehenden Thatsachen kein weiterer Schluss ableiten.

Dr. Ph. Owsjannikow, *Ueber einen Unterschied in den reflectorischen Leistungen des verlängerten und des Rücken-Markes der Kaninchen.* Aus dem physiologischen Institute zu Leipzig. Vorgelegt v. d. wirkl. Mitgliede *C. Ludwig.*

Die lebhaften und ausgebreiteten Reflexbewegungen, welche in allen Gliedern des Kaninchens durch die Reizung seiner Pfoten hervorzubringen sind, nachdem die Hälfte des Markes innerhalb der oberen Halswirbel durchschnitten ist, stehen in einem auffallenden Gegensatz zu denjenigen nach vollständiger Durchschneidung des Halsmarkes. Dieser Unterschied lässt vermuthen, dass die in die Glieder des Säugethieres reflectirten Bewegungen zum grossen Theil in dem Gehirne ausgelöst werden. Obwohl diese Anschauung eine weit verbreitete genannt werden kann, so fehlte es doch bisher an einer durchgeführten Untersuchung, durch welche dieselbe auf ihren wahren Werth zurückgeführt wird. Aus diesem Bedürfniss entsprang eine Versuchsreihe die ich in dem Sommer des Jahres 1873 im physiologischen Laboratorium zu Leipzig unternommen habe. Da man schon wusste, dass eine Durchschneidung des verlängerten Markes unmittelbar hinter den Vierhügeln die nach den Gliedmaassen des Kaninchens reflectirten Bewegungen nicht merklich beeinträchtigt, so stellte ich meine Aufgabe genauer dahin: die Reflexe, welche von den Pfoten her erzeugt werden können, solange das verlängerte Mark erhalten ist, mit denjenigen zu vergleichen, die nach Abtragung des genannten Hirntheiles erscheinen. Zur Erreichung meines Zieles bediente ich mich der folgenden Mittel.

Den Kaninchen, welche zum Versuche kamen, wurden die beiden Carotiden unterbunden und ihnen eine Luftröhrenfistel angelegt damit die Hirnblutung vermieden und nach Befinden die künstliche Athmung sogleich eingeleitet werden konnte. Hierauf wurde dem Thiere unter bekannten Handgriffen, namentlich aber mit möglichster Vermeidung jeden Blutverlustes, das kleine

Gehirn freigelegt und das verlängerte Mark aus seinen Verbindungen mit dem kleinen Gehirne und den Vierhügeln durch glatte Schnitte gelöst. War dieses vollendet, so wurde an den Maulkorb ein kleiner Apparat geschraubt, welcher zur Führung der Messerchen bestimmt war, durch welche das verlängerte Mark in beliebigen Zwischenräumen der Quere nach durchtrennt werden sollte. Dieser Apparat war dem nachgebildet, welchen *C. Dittmar**) beschrieben hat. Er unterschied sich von demselben nur dadurch dass er, statt eines Spaltes, zehn solcher trug, die je 1 Millimeter von einander entfernt in eine starke Messingplatte eingeschnitten waren. Bei unverrückter Stellung der Platte über dem verlängerten Marke konnte also das letztere zehnmal hinter einander in je 1 Millimeter Abstand durchschnitten werden. Da das Messingstück ganz in derselben Weise wie der von *Dittmar* benutzte Spalt durch eine Schraube mit zugehöriger Führung vor dem Marke zu verschieben war, so konnte der Ausgangspunkt der Schnitte von jedem beliebigen Theile desselben genommen werden, und weil die Ebene der Platte parallel mit der Oberfläche des Körpers des Hinterhauptbeines stand, so durchschnitten die durch die Spalten geführten Messerchen das Mark senkrecht zu seiner Längenausdehnung. Die Messerchen selbst besassen nur die halbe Breite des Spaltes in dessen Richtung von rechts nach links, so dass zur Ausführung eines vollkommenen Querschnittes durch das Mark 2 Messerchen in denselben Spalt gesteckt werden mussten. Hierdurch gewann die Ausführung des Schnittes an Sicherheit, zugleich war es möglich jede der beiden Hälften gesondert abzutrennen und endlich gelang es die Blutung, die sonst der Schnitt zu erzeugen pflegt, fast vollkommen zu vermeiden. Dieser wichtige Vortheil war bei der Anwendung zweier Messerchen dadurch zu erreichen, dass die beiden einander zugekehrten Kanten an dem Ende mit welchem sie auf den Knochen eintrafen, etwas abgeschrägt waren, wodurch, wenn beide neben einander standen, ein dreiseitiger Raum gebildet wurde, in dem die Basilararterie Platz fand. Auch die Verwendung der Platte mit ihren zehn Spalten, statt der früher gebrauchten einspaltigen Einrichtung, war in der Absicht die Blutung zu vermeiden gewählt worden. Mit ihr konnte das durch das Mark geführte Messerchen an seinem Orte gelassen werden, ohne die Möglich-

*) Diese Berichte Jahrgang 1873. p. 452.

keit einer fortschreitenden Zergliederung aufzuheben. Somit verstopfte jedes in dem Spalt beziehungsweise in dem Mark gelassene Messer die Quellen der Blutung, die es selbst eröffnet hatte. Die Voraussicht, unter welcher die messerführende Platte bestellt war, bewies sich in der That als eine zutreffende, denn es konnten mit dem Apparate 10 Querschnitte des Markes sicher und reinlich hintereinander ausgeführt werden. Die Platte war nun ursprünglich entweder so gestellt, dass der oberste Spalt unmittelbar über der hinteren Grenze der Vierhügel, oder der unterste unmittelbar über der Spitze des *calamus scriptorius* stand.

Der oben ausgesprochenen Absicht gemäss sollten die Reize auf die empfindlichen Flächen der Pfoten wirken. Damit dieses in allen Graden der Stärke und Dauer geschehen konnte, schien es angezeigt den Inductionsstrom zu benutzen. Dieses geschah in der indess von *Woroschiloff**) beschriebenen Weise, die sich hier um so mehr eignete, als das Thier durch die Behandlung seines Gehirnes im Gebrauche seiner Gliedmaassen beschränkt war. Da das letztere wegen der vorausgegangenen Operation sowohl wie auch in Folge der ruhigen Lage bedeutend abkühlte, so legte ich dasselbe meistens in einen Wärmekasten, dessen Wasser eine Temperatur von einigen und 30° C. besass. Mit diesen Mitteln ist es mir immer gelungen nach Wunsch schwache und starke Reflexe auszulösen. Selbstverständlich wurde zwischen je zwei aufeinander folgenden Reizen ein Zeitraum von 2 bis 5 Minuten eingeschaltet.

Bei der Beobachtung der Bewegungen habe ich mich auf die der Gliedmaassen beschränkt; hiebei würde eine graphische Darstellung derselben sehr hilfreich gewesen sein. Leider ist es mir nicht gelungen diesen Wunsch in Erfüllung zu bringen. Um mich unter diesen Umständen von willkürlichen Schätzungen unabhängig zu machen, zog ich nur die Grenzfälle in Betracht, ob nämlich eine Bewegung in irgend einer Gliedmaasse erschien oder ausblieb.

Wenn das Thier nicht mehr selbstständig athmete, so wurde augenblicklich die Trachealcanüle mit dem Blasebalg in Verbindung gesetzt, so dass das Blut bis zum Schluss des Versuches keinen Mangel an Sauerstoff litt.

---

*) Diese Berichte 1874. p. 256.

In den Versuchen, deren Verfahren ich soeben geschildert, gelangte ich zu dem Resultat, dass von einer jeden Pfote aus Zuckungen in allen übrigen herbeizuführen sind, solange die Rautengrube nirgends verletzt ist, während niemals von den hintern Pfoten aus eine Zuckung in den Armen oder von den vordern Pfoten aus eine Zuckung in den Beinen zu erhalten war, wenn in der Höhe des *calamus scriptorius* das Rückenmark von dem verlängerten getrennt gewesen. Der Kürze wegen mag der Reflex der allgemeine heissen, welcher von den vordern zu den hintern Extremitäten und in umgekehrter Richtung geht, derjenige aber der örtliche, welcher von den hintern aus nur zu diesen und dem Schwanze und von den Vorderpfoten aus nur zu den Armen geht. Es lässt sich also aus meinen Versuchen vorläufig der Schluss ziehen, dass die allgemeinen Reflexe nur im verlängerten Marke, die örtlichen aber im Rückenmarke zu Stande kommen. — Damit jedoch die allgemeinen Reflexe noch möglich seien, ist es nicht nöthig, dass der ganze Boden der Rautengrube erhalten geblieben sei. Wenn nur etwas mehr als ein Drittel seiner Länge — diese von der Spitze des *calamus scriptorius* an bis zum Eingang des *aquaeductus* gerechnet — noch unversehrt und mit dem Rückenmark in Verbindung geblieben ist, so können die allgemeinen Reflexe auch durch eine mässig starke Reizung erzielt werden. Die Möglichkeit hierzu verschwindet jedoch wenn nur noch etwas weniger als ein Drittel der *medulla oblongata* mit dem Rückenmarke zusammenhängt. Unter Berücksichtigung des Umstandes dass die Länge der Rautengrube von der Spitze des *calamus scriptorius* bis in den Eingang der Wasserleitung bei einem mittelgrossen Kaninchen der kleinern Rasse etwa anderthalb Centimeter beträgt, würde aus dem oben gewählten Ausdrucke folgen, dass die allgemeinen Reflexe noch bestehen, wenn das verlängerte Mark 6 Mm. oberhalb der Spitze des *calamus scriptorius* seiner ganzen Quere nach durchschnitten ist, dass sie dagegen verschwunden sind, wenn die Messerchen 5 Mm. von dem genannten Orte entfernt das Mark der Quere nach durchtrennt haben. Von dieser auffallenden Thatsache, nach welcher sich die Möglichkeit zur allgemeinen Reflexübertragung an ein so beschränktes Stück der *medulla oblongata* knüpft, habe ich mich durch sehr zahlreiche ausnahmslos übereinstimmende Versuche überzeugt. — Nach

einer allerdings geringeren Zahl von Beobachtungen scheint es sogar als ob die allgemeinen Reflexe noch vorhanden wären, wenn einerseits der Schnitt um 5 Mm., anderseits aber um 6 Mm. von der Spitze der Rautengrube entfernt bis zur Mittellinie geführt worden; demgemäss würde die Erhaltung eines Stückes von nur 1 Mm. Länge auf einer einzigen Seite ausreichen um die allgemeinen Reflexe zu ermöglichen. Bei einseitiger Erhaltung des betreffenden Stückes erfolgte jedoch die Uebertragung nicht nach allen Richtungen hin mit gleicher Energie. War z. B. auf der linken Seite der *medulla* der Schnitt tiefer gelegt als auf der rechten, so konnten vom linken Beine aus zwar die beiden Arme in Bewegung gebracht werden, aber der rechte zuckte stärker als der linke.

Beiläufig glaube ich mich auch davon überzeugt zu haben, dass der Ort der allgemeinen Reflexe nicht unmittelbar an die Mittellinie der Rautengrube grenzt. Wiederholt ist es mir gelungen aus der Mitte des verlängerten Markes einen schmalen Streifen bis auf eine Entfernung von nur 3 Mm. über der Spitze des *calamus* auszuschneiden, ohne dass hiernach die allgemeinen Reflexe verschwunden wären. Meine Methode ist jedoch wenig zu einer Zergliederung des Markes in der Richtung von rechts nach links geeignet; aus diesem Grunde enthalte ich mich weiterer Angaben über die seitliche Ausbreitung des reflectirenden Werkzeuges.

Auch ohne meine Aufmerksamkeit dem Gegenstande besonders zuzuwenden, sammelte ich einige Erfahrungen über das Lagenverhältniss zwischen den Orten der allgemeinen Gliederreflexe und dem des sogenannten Athmungscentrums. Beide verbreiten sich der Länge des Markes nach über ungefähr dieselben Stellen, es scheint jedoch als ob das erstere etwas tiefer als das letztere gegen den *calamus* herabreiche. Fast jedesmal wenn sich der Schnitt bis auf 6 Mm. dem genannten Punkte genähert hatte, folgten sich die Athembewegungen so selten, dass die künstliche Respiration eingeleitet werden musste. Bei dieser Lage des Schnittes hatte sich aber, wie schon erwähnt, die Befähigung zum allgemeinen Reflex noch erhalten. Sowie ein solcher durch den electrischen Reiz auf die Hinterpfote veranlasst war, gesellte sich zu den Zuckungen in den Armen auch eine Inspiration. Demgemäss kam dem Markreste noch die Befähigung

zu, die Muskeln des Brustkorbes zu einer Athembewegung zusammen zu fügen.

Aus den vorstehenden Mittheilungen ergiebt sich also, dass die obere Grenze der Werkzeuge, durch welche alle Glieder des Kaninchens zu geordneten Reflexbewegungen verknüpfbar sind, um ein weniges über das untere Drittel des verlängerten Markes hinaufreicht. Fraglicher könnte es scheinen, ob auch die untere Grenze der genannten Organe genau bestimmt sei; mit andern Worten ob der Beweis auch dafür geliefert sei, dass sich die reflectorische Leistungsfähigkeit des Rückenmarkes darauf beschränke, die Erregung der sensiblen Flächen eines Beines nur auf die Muskeln eines oder beider Beine und des Schwanzes, und die Erregung der sensiblen Flächen eines Armes nur auf die Muskeln eines oder beider Arme zu übertragen.

An der Richtigkeit dieser so eng gefassten Befähigung des Rückenmarkes der Säugethiere könnte man durch die Erscheinungen irre werden, welche das Strychnin hervorzurufen vermag. — Während der Wirkungsdauer dieses Giftes bedingt, wie bekannt, die Reizung jedes sensiblen Ortes in allen Muskeln des Thieres einen Tetanus, auch noch dann, nachdem das Mark unterhalb des *calamus scriptorius* durchschnitten war. Diese ihm vorher fehlende Eigenschaft tetanische Reflexe zu erzeugen empfängt aber das Rückenmark viel zu kurze Zeit nach der Einführung des Giftes, als dass indess eine Umformung seiner anatomischen Structur hätte stattfinden können. Somit ist die Veranlassung für das Auftreten der neuen Function nur in einer chemischen Aenderung zu suchen. Weil nun aber anderseits das Strychnin nur die Nerven zur krampfhaften Erregung anzufachen weiss, welche in das Rückenmark ausmünden, so folgt dass das Gift zur Entfaltung seiner Kräfte des letztern bedarf. Fügt man, was allerdings erlaubt scheint, hinzu dass das Rükkenmark nur wegen der Eigenthümlichkeiten seines Baues der Strychninwirkung anheimfallen könne, so ist man zu dem Schlusse berechtigt: dass in dem Rückenmarke ein reflectirendes Werkzeug liegt, welches durch einen Zusatz von Strychnin aus einem latenten Zustande geweckt werden kann, in dem es sich während seiner Berührung mit gesundem Blute befindet. — Ist aber diese Folgerung begründet, so ergiebt sich aus ihr, dass dem normalen Rückenmarke die Auslösung allgemeiner Reflexe

versagt sei, da zum Erscheinen der letztern noch der Hinzutritt einer neuen Bedingung gehört, die dem gesunden Rückenmarke abgeht. Aber aus der Vergleichung der Reflexe, welche vom Rückenmarke vor und während seiner Vergiftung ausgelöst werden, ergiebt sich noch ein Weiteres. Während der Strychninwirkung bedingt die kleinste Erregung jedes beliebigen sensiblen Nerven gleichzeitig und überall einen heftigen motorischen Ausbruch. Wie verschieden sind hiervon die Reflexe, welche das unvergiftete Mark ausschickt! An ihm stuft sich in geregelter Mannigfaltigkeit mit dem Ort, der Stärke und der Dauer der sensiblen Reizung auch die Bewegung ab. Insofern man also den Reflex von der anatomischen Structur abhängig macht, würde man bei der vollkommenen Verschiedenheit der geordneten und der Strychninreflexe für jeden von beiden eine besondere, keinenfalls aber eine für beide identische Einrichtung anzunehmen haben. Somit lässt sich, wie mir scheint, mit Hilfe des Strychnins kein Beweis dafür liefern, dass im Rückenmark ein Apparat vorhanden sei durch welchen alle Gliedmaassen des Thieres zu geordneten Reflexbewegungen verknüpft werden.

Den Unterschied welchen die Reflexe vor und nach dem Schnitt durch das obere Ende des Halsmarkes aufzeigen, könnte man auch einer Lähmung zuschreiben, welche die Reflexmechanismen in Folge des geschwächten Blutlaufes erlitten haben, indem man die örtlichen Reflexe für einen niederen Grad der allgemeinen erklärte. Aber auch hierzu liefern die Thatsachen keine Berechtigung. Verursachte der geringe Druck des Blutstromes das Ausbleiben der allgemeinen Reflexe, so müssten dieselben auch schon geschwunden sein, nachdem etwas mehr als das untere Drittel des verlängerten Markes aus seiner Verbindung mit den oberen Abschnitten desselben gelöst war. Denn wenn das letztere geschehen, so ist der arterielle Blutdruck schon so tief wie nach dem Schnitt an der obern Grenze des untern Drittels gesunken. Zudem kann, wie *Woroschiloff* gezeigt hat, der örtliche nicht in den allgemeinen Reflex umgewandelt werden, wenn nach der Zerschneidung des Halsmarkes unter dem *calamus* der Blutdruck durch Reizung der *n. splanchnici* dauernd erhöht wird.

Auch von einem andern, den bisherigen gerade entgegengesetzten Gesichtspunkte aus könnte man zu der Behauptung gelangen, dass der Ausfall der allgemeinen Reflexe nach Durchschneidung des Halsmarkes künstlich herbeigeführt sei; man könnte

sich zu dem Ende auf die Annahme eines Werkzeuges stützen, welches unterhalb des letzten Drittels des verlängerten Markes gelegen und befähigt sei, während seiner Erregung die Auslösung von Reflexen im Rückenmark zu hemmen. Diesem hypothetischen Apparate müsste man ausserdem noch die Eigenschaft zutheilen, in Folge seiner Durchschneidung zu einem Tetanus veranlasst zu werden, welcher die Reizbarkeit des Rückenmarkes zu überdauern vermöchte. Gründe für diese Hypothese kenne ich keine, wohl aber Thatsachen die mit derselben nicht in Einklang zu bringen sind. Von vorneherein ist es schon unwahrscheinlich, dass die durch einen Schnitt herbeigeführte Erregung stundenlang bestehen könnte; wir kennen im Rückenmark allerdings Theile die durch einen vorübergehenden Druck tetanisch erregt werden. Hierher gehören z. B. die nächsten Umgebungen des Ursprunges aller motorischen Wurzeln. Jeder noch so vorübergehende Nadelstich, welcher die genannten Theile trifft, erzeugt einen Tetanus in den Muskeln die von den betroffenen Nervenwurzeln versorgt werden, aber dieser dauert auch in den günstigsten Fällen nur wenige Minuten hindurch. — Wollte man aber auch von dieser Schwierigkeit absehen, so würden sich andere erheben, die durch die Lagerungsverhältnisse des hemmenden Werkzeuges geschaffen würden. Dieses letztere müsste sich nämlich tief in das Rückenmark hinein erstrecken, denn die Ausbreitung der Reflexe wächst nicht, wenn auch der Querschnitt durch jenes selbst gelegt wird. Hier aber müssten ihm ganz besondere Eigenthümlichkeiten zugeschrieben werden, damit trotz seiner Anwesenheit die gekreuzte Hyperästhesie erklärlich bliebe, welche nach halbseitiger Durchschneidung auf jeder beliebigen Höhe des Rückenmarkes einzutreten pflegt. Nach alle diesem dürfte es entschuldigt sein, wenn ich die weitere Discussion der Hemmungshypothese unterlasse.

Solange also keine andern als die gegenwärtig bekannten Gründe dafür vorliegen, dass das Rückenmark durch den Schnitt an seinem obern Ende neue Eigenschaften empfange und früher besessene verliere, wird man annehmen müssen, dass in ihm nur örtliche, im verlängerten Marke dagegen die allgemeinen Reflexe vermittelt werden. Wie es aber geschehen könne, dass in einem so kleinen Raume des verlängerten Markes so zahlreiche Nerven in so mannigfachen Abstufungen und Verbindungen erregt werden können, dürfte uns noch lange räthselhaft bleiben.

W. Hankel, *Ueber die thermoelektrischen Eigenschaften des Kalkspathes, des Berylles, des Idocrases (Vesuvianes) und des Apophyllites.*

Nachdem ich in meinen früheren Untersuchungen über die thermoelektrischen Eigenschaften des Topases, des Schwerspathes und des Aragonites nachgewiesen hatte, dass bei nicht hemimorph gebildeten Krystallen die beiden gleichgestalteten Enden einer Axe dieselbe Polarität besitzen, und der Gegensatz zwischen der positiven und negativen Elektricität nur in der Vertheilung an krystallographisch verschiedene Axen zur Erscheinung kommt: so musste erwartet werden, dass, wenn es gelänge an symmetrisch gebildeten Krystallen des hexagonalen und des tetragonalen Systemes thermoelektrische Erregungen überhaupt wahrzunehmen, die beiden entgegengesetzten Elektricitäten auf ihren Oberflächen so vertheilt sein würden, dass die eine Elektricität an den beiden Enden der Hauptaxe, die andere aber an den Enden der Nebenaxen oder vielmehr ringsum im basischen Querschnitte und auf den prismatischen Seitenflächen hervortritt.

In der That haben nun die Beobachtungen dieser Voraussicht entsprochen, und zwar mit der Erweiterung, dass je nach der besonderen Art des Wachsthumes und der Gestaltung bei der einen Form die positive Elektricität an den Enden der Hauptaxe und die negative auf den prismatischen Seitenflächen, und bei der anderen gerade umgekehrt die negative an den Enden der Hauptaxe und die positive auf dem Umfange des basischen Querschnittes oder auf den prismatischen Seitenflächen erscheint.

Die Abhandlung,*) welche ich die Ehre habe, heute der Gesellschaft vorzulegen, enthält die Untersuchungen über die thermoelektrischen Eigenschaften des Kalkspathes, des Berylles,

*) Dieselbe erscheint im 18. Bd. der Abhandlungen der K. S. Gesellsch. der Wissenschaften: Elektrische Untersuchungen, 11. Abhandlung.

des Idocrases (Vesuvianes) und des Apophyllites. Die Krystalle der beiden ersten Mineralien gehören dem hexagonalen, die Krystalle der beiden letzten aber dem tetragonalen Systeme an. Einen grossen Theil der untersuchten Krystalle habe ich auf den der Abhandlung beigefügten drei Tafeln abgebildet, und in diese Zeichnungen die an verschiedenen Stellen der Oberfläche beobachteten elektrischen Spannungen eingetragen.

Die allgemeinen Resultate, zu welchen jene Untersuchungen geführt haben, sind in der Kürze die folgenden. Ich bemerke nur noch zuvor, dass alle im Nachstehenden gemachten Angaben über die elektrische Polarität sich auf den Zustand des Erkaltens beziehen; bei steigender Temperatur ist dieselbe gerade die entgegengesetzte.

I. Kalkspath.

Die Krystalle des Kalkspathes gehören dem hexagonalen oder rhomboedrischen Systeme an, und lassen sich in Bezug auf ihr elektrisches Verhalten in zwei Hauptgruppen scheiden: 1. Krystalle (von Schneeberg oder Freiberg in Sachsen), welche seitlich von den Flächen des verticalen Prismas ∞R und an den Enden der Hauptaxe von den Flächen des stumpfen Rhomboeders $-\frac{1}{2}R$ (oder eines noch stumpferen) begrenzt sind, und 2. in Krystalle (aus Derbyshire), welche wesentlich von den Flächen des Skalenoeders R_3 gebildet werden. Zwischen beiden findet ein vollständiger elektrischer Gegensatz statt.

1. Krystalle, deren Seitenflächen durch das Prisma ∞R gebildet werden, und deren Hauptaxe an ihren Enden die Flächen eines stumpfen Rhomboeders trägt.

Eine sehr gewöhnliche Form der in Schneeberg vorkommenden Kalkspathkrystalle besteht aus kurzen oder nur mässig langen Prismen ∞R, deren Enden von den Flächen $-\frac{1}{2}R$ begrenzt werden. Diese Krystalle sind graulich gefärbt, und ihre Seitenflächen zeigen mehr oder weniger tiefe Querfurchen, welche auf ein Zusammenwachsen niedriger Prismen (∞R und $-\frac{1}{2}R$), die sich in der Richtung der Hauptaxe übereinander gelegt haben, hinweisen. Diese Kalkspäthe zeigen eine ziemlich starke elektrische Erregung.

Ein vollständig ausgebildeter Krystall dieser Art besitzt auf den Flächen $-\frac{1}{2}R$, also an den beiden Enden der Hauptaxe

positive, auf den Seitenflächen ∞R aber negative Polarität. Ist nur das eine Ende (es möge das obere heissen) von den Krystallflächen $-\frac{1}{2}R$, das andere untere (verwachsen gewesene) aber von den, mit dem Grundrhomboeder R parallelen Durchgängen begrenzt, so bleibt die eben angegebene Vertheilung bestehen; nur zeigt das untere von den Durchgängen begrenzte Ende meistens eine stärkere positive Spannung als das obere.

Wird ein solcher Krystall nach einem mit R parallelen Durchgange ungefähr in der Mitte zersprengt, so erscheinen die beiden Durchgangsflächen, welche auf einander gelegen haben, im Allgemeinen positiv; es nimmt aber die positive Spannung auf der Durchgangsfläche am oberen Stücke nach oben hin an Stärke ab, und geht daselbst, je nach der Lage der Durchgangsfläche in die negative über, während auf der Durchgangsfläche am unteren Stücke die positive Elektricität nach unten zu abnimmt, und unten auch wohl in die negative übergeht. Beide Durchgangsflächen zeigen also in Bezug auf das ihnen zugehörige Axenende ein analoges Verhalten. Man könnte sagen, die Summe der beiden auf je zwei einander gegenüber liegenden Punkten dieser Durchgangsflächen befindlichen elektrischen Spannungen (mit Rücksicht auf ihr Vorzeichen) sei angenähert eine constante Grösse.

Eine gleiche Vertheilung der beiden Elektricitäten zeigen die ebenfalls von ∞R und $-\frac{1}{2}R$ gebildeten Krystalle von Freiberg, sowie die Schneeberger Kalkspathkrystalle, welche seitlich von den Flächen ∞R und an den Enden der Hauptaxe von einem sehr stumpfen Rhomboeder, das fast wie die gerade Endfläche 0R erscheint, begrenzt werden.

Ausser den zuvor beschriebenen finden sich in Schneeberg aber auch fast farblose, ebenfalls von ∞R und $-\frac{1}{2}R$ begrenzte Krystalle, deren Seitenflächen jedoch glatt sind, und keine Spur von Querfurchen zeigen. Es standen mir nur mit dem einen Ende der Hauptaxe angewachsen gewesene Individuen zur Verfügung. Ihre elektrische Erregung weicht nun insofern von der zuvor angegebenen ab, dass, wenn ich es so ausdrücken darf, die negative Polarität der Seitenflächen sich auch über die Rhomboederflächen $-\frac{1}{2}R$ des freien (oberen) Endes verbreitet, und daselbst die positive Spannung verdrängt. Letztere, also die positive Spannung verbleibt dagegen auf dem untern Ende, erreicht daselbst eine ziemliche Stärke und dehnt sich auch wohl

etwas über die unteren Stücke der prismatischen Seitenflächen aus. Diese Krystalle bilden in gewisser Weise einen Uebergang zu der zweiten Gruppe.

2. Krystalle, welche wesentlich von den Flächen des Skalenoeders R_3 begrenzt sind.

Die Derbyshirer Krystalle sind vorzugsweise von den Flächen des Skalenoeders R_3 begrenzt, und zeigen, wie bereits oben bemerkt, ein gerade entgegengesetztes elektrisches Verhalten, als die zuerst beschriebenen graulich gefärbten Schneeberger Krystalle mit starken Querfurchen. Bei den Derbyshirer Krystallen erscheint die negative Elektricität an den beiden Enden der Hauptaxe und den ihnen anliegenden Theilen der Skalenoederflächen; die positive Elektricität findet sich dagegen auf den Randkanten und auf den an den Randecken auftretenden Flächen ∞R.

Wird ein solcher Krystall aus Derbyshire nach einem mit dem Grundrhomboeder R parallelen Durchgange zersprengt, so verhalten sich die beiden Durchgangsflächen entgegengesetzt, als bei den Schneeberger Krystallen. Auf der untern Durchgangsfläche am obern Stücke nimmt die elektrische Spannung von oben nach unten hin im negativen Sinne zu; ist diese Fläche also oben positiv, so nimmt diese positive Elektricität nach unten hin ab, und geht auch wohl in die negative über; ist dieselbe am obern Rande bereits negativ, so wächst die negative Spannung nach unten hin. Die obere Durchgangsfläche am untern Stücke verhält sich gerade umgekehrt; auf ihr nimmt also die elektrische Spannung von oben nach unten im positiven Sinne zu. Die beiden Durchgangsflächen zeigen folglich in Bezug auf das ihnen zugehörige Axenende ein analoges Verhalten und man könnte auch hier wieder sagen, dass die Summe der auf zwei gegenüberliegenden Punkten dieser Durchgangsflächen befindlichen elektrischen Spannungen (mit Rücksicht auf ihr Vorzeichen) angenähert eine constante Grösse sei. Ob die Durchgangsflächen positiv oder negativ, oder zum Theil positiv und zum Theil negativ erscheinen, hängt von ihrer Lage im ganzen Krystalle ab.

Auch die skalenoedrischen Krystalle von Andreasberg und die langen säulenförmigen Krystalle von Alston in Cumberland dürften dieser zweiten Abtheilung angehören. Leider standen mir keine an beiden Enden der Hauptaxe ausgebildeten Krystalle zu Gebote. Die Krystalle von Alston sind am untern ver-

wachsen gewesenen Ende, sowie in der untern Hälfte der Prismenflächen positiv, in den obern Hälften derselben und am obern Ende dagegen negativ. Bei einem von den Skalenoedern R_3, R_5, R_7 begrenzten Andreasberger Kalkspathe ist das untere verbrochene Ende positiv, die Skalenoederflächen aber negativ, jedoch mit Ausnahme einer positiven Zone, welche sich an einer Stelle, wo eine ziemlich grosse Fläche des Rhomboeders 4 R auftritt, eine Strecke weit schief von oben nach unten herabzieht.

Wird ein Kalkspathkrystall während des Erhitzens untersucht, so ist, wie bereits bemerkt, seine elektrische Spannung gerade die entgegengesetzte als die zuvor für den Zustand des Erkaltens angegebene; doch verschwindet die während des Erhitzens hervorgetretene Spannung bereits bei wenig hoher Temperatur wieder; bei 120°—130° C. ist keine Elektricität mehr wahrzunehmen, obwohl die Masse des Krystalles noch isolirt, und ebenso beginnt dieselbe beim Erkalten erst nach dem Sinken unter die genannte Temperaturgrenze mit umgekehrten Zeichen wieder zu erscheinen.

II. Beryll.

Die Krystalle des Berylles gehören ebenfalls zum hexagonalen Systeme und bilden im Wesentlichen sechsseitige Prismen ∞P, deren Seitenkanten durch das zweite sechsseitige Prisma $\infty P \infty$ abgestumpft sind; an den Enden der Hauptaxe liegt die gerade Endfläche 0P, während kleine Pyramidenflächen auf den Randkanten und Randecken sich finden.

Die elektrische Spannung, welche durch Temperaturveränderungen auf der Oberfläche der Beryllkrystalle hervorgerufen wird, ist im Allgemeinen wenig beträchtlich; ja sie wird bei manchen durch Klarheit und vollkommene Ausbildung ausgezeichneten Krystallen so schwach, dass man nur mit der grössten Aufmerksamkeit sehr geringe Anzeichen derselben wahrzunehmen vermag.

Bei den Smaragden sind die Endflächen 0P positiv und die Seitenflächen ∞P negativ. Die elektrische Vertheilung gleicht also vollkommen der bei den graulich gefärbten Schneeberger Kalkspathkrystallen beobachteten. Bei den russischen Beryllen ist die Vertheilung im Allgemeinen dieselbe; nur tritt sehr häufig eine Abweichung dadurch ein, dass auf einer oder auch zwei Seitenflächen entweder in ihrer ganzen Ausdehnung oder auf

einem mehr oder weniger grossen Theile derselben anstatt der negativen die positive Elektricität erscheint. Dieser Vorgang findet namentlich bei solchen Krystallen statt, bei denen die übrigen Seitenflächen stark negativ sind, und scheint zur Herstellung des elektrischen Gleichgewichtes gefordert zu werden, indem die auf den viel kleineren Endflächen vorhandene positive Spannung nicht allein der auf den langgestreckten Seitenflächen auftretenden negativen das Gleichgewicht zu halten vermag.

Eigenthümlich ist das Verhalten der Berylle von Elba. Während ein Theil, und zwar, wenn ich nach den mir vorliegenden Krystallen schliessen darf, der grössere, dieselbe Lage der elektrischen Zonen zeigt, wie die Smaragde und russischen Berylle, ist auf anderen Krystallen die elektrische Vertheilung gerade die entgegengesetzte, d. h. also bei diesen letzteren besitzen die Endflächen negative und die Seitenflächen positive Spannungen, wobei jedoch auf einzelnen Seitenflächen mehr oder weniger ausgedehnte negative Stellen erscheinen. Ich habe kein äusseres Merkmal aufzufinden vermocht, welches die Krystalle der ersteren Art von denen der zweiten unterscheiden liesse.

III. Idocras (Vesuvian).

Die Krystalle des Idocrases oder Vesuvianes gehören dem tetragonalen Systeme an, und bilden gewöhnlich vierseitige Prismen ∞P, deren Kanten durch die Flächen des zweiten vierseitigen Prismas $\infty P \infty$ abgestumpft werden. An den Enden der Hauptaxe finden sich die Flächen der Grundpyramide P, und mehr oder weniger ausgedehnte Endflächen 0 P.

Die am Flusse Wilui in Sibirien in einer tuffartigen halbverwitterten Felsart vorkommenden Krystalle (auch wohl Wiluit genannt) sind ringsum ausgebildet, und zeigen eine Art schaliger Bildung, während die Krystalle von Ala in Piemont ein dichtes Gefüge haben und, soviel deren mir vorgelegen, stets mit dem einen Ende angewachsen sind.

Diese Verschiedenheit in der Art der Bildung und des Wachsthumes bedingt nun eine ähnliche Abweichung in der Vertheilung der beiden Elektricitäten, wie wir sie oben bei den graulich gefärbten Schneeberger Kalkspathkrystallen mit quergefurchten Seitenflächen und den farblosen Krystallen desselben Fundortes mit glatten Seitenflächen beobachtet haben.

Bei den Idocrasen vom Wilui sind die geraden Endflächen 0 P nebst den gegen die Axe geneigten Pyramidenflächen positiv, die prismatischen Seitenflächen ∞P und ∞P∞ aber negativ.

Bei den Krystallen von Ala hingegen, deren Hauptaxe nicht sehr beträchtlich länger ist als ihr Querdurchmesser, ist die negative Zone auf das obere ausgebildete Ende, also auf die Endfläche 0 P und die umgebenden Pyramidenflächen verschoben, und nimmt auf den prismatischen Seitenflächen nur noch schwach die oberen Theile ein. Das untere verbrochene Ende erscheint positiv, und diese positive Spannung breitet sich mehr oder weniger über die prismatischen Seitenflächen aus. Diese Krystalle gleichen also in ihrer elektrischen Vertheilung den farblosen Kalkspathkrystallen von Schneeberg, während die Wiluite mit den graulich gefärbten Krystallen desselben Fundortes übereinstimmen.

Ausser den gewöhnlich vorkommenden Idocrasen von Ala, mit verhältnissmässig kurzer Hauptaxe, lagen mir noch zwei längere dünnere Krystalle desselben Fundortes vor, welche beide nur an dem einen Ende der Hauptaxe ausgebildet waren und daselbst eine grosse Fläche 0 P trugen, während das andere Ende verbrochen war. Sie zeigten eine viel stärkere elektrische Erregung als die vorhergehenden, und bildeten, ähnlich wie die Elbaer Berylle, eine Art von elektrischem Gegensatz: bei dem einen war die Endfläche 0 P positiv, bei dem andern dagegen negativ.

IV. Apophyllit (Ichthyophthalm).

Die Krystalle des Apophyllites gehören dem tetragonalen Systeme an; sie sind gewöhnlich Combinationen der Gestalten ∞P∞, P und 0 P, und besitzen parallel mit 0 P eine sehr vollkommene Spaltbarkeit. Sie erhalten durch Temperaturänderungen sehr starke elektrische Spannungen; dies gilt selbst von den krystallinisch blättrigen Massen aus dem Fassathale.

Die beiden Enden der Hauptaxe und ihre Umgebungen sind positiv, die mittlere Region aber negativ. Bei den Andreasberger Krystallen von der Grube Samson, welche grosse Flächen P und kleinere Flächen ∞P∞ tragen, sind daher die Flächen 0 P nebst dem grössten Theile der Pyramidenflächen P positiv, die Mittelkanten aber nebst den anliegenden Stücken der Pyramidenflächen und den Flächen ∞P∞ negativ. Werden die Flächen

$\infty P \infty$ sehr gross, so erstreckt sich die positive Elektricität von den Enden der Hauptaxe aus auch wohl noch über ihre oberen und unteren Theile.

Dehnen sich die Flächen $\infty P \infty$ so weit aus, dass etwas längere quadratische Prismen entstehen, so sind die Prismenflächen negativ, die Flächen $0P$ und P aber positiv.

Wird an einem Apophyllitkrystalle die Spitze der Hauptaxe nach dem mit $0P$ parallelen Durchgange abgesprengt, so zeigt die Basis der kleinen vierseitigen Pyramide negative, dagegen die Abstumpfungsfläche an dem grossen Stücke, an welcher jene Basis angelegen hatte, noch wie die Endfläche, positive Spannung. Rückt der Durchgang, in welchem der Krystall zersprengt wird, näher nach der Mitte, so treten auf der Durchgangsfläche am grössern Stücke neben positiven Stellen auch negative Zonen auf, bis schliesslich bei weiterer Annäherung an die Mitte die ganze Fläche negativ erscheint. Ebenso zeigt auch bei den etwas längeren prismatischen Krystallen, wenn dieselben am unteren aufgewachsen gewesenen Ende von einem mit $0P$ parallelen Durchgange begrenzt werden, diese untere Durchgangsfläche negative Spannung.

Druck von Breitkopf und Härtel in Leipzig.